欧姆社学习漫画

漫画 分子生物学

〔日〕武村政春 / 著
〔日〕咲良 / 漫画绘制
〔日〕株式会社BECOM / 漫画制作
伍会健 / 译



科学出版社
www.sciencep.com

KindleDX出版署

✿前　言✿

在生物世界中，有一些微小的生物小到连我们的肉眼都看不到，而分子生物学就是一门研究这个微小生物世界的学科。基因在其中扮演着重要的角色，而由于人们肉眼看不见，只有借助于显微镜进行观察，所以充分掌握这门学科并非易事。

分子生物学研究者每天都在大学、科研院所从事着繁琐的科学实验，从中获得数据，并以此为依据，逐渐深化对分子生物学世界的认识，了解 DNA、蛋白质和 RNA 的活动情况，并将这些理论归纳、演绎，使之易于理解。

以实验数据为依据，创立分子生物学这门学科比较困难，但更难的是，正确地将这些知识传授给非专业人士，使之通俗易懂。

前面已经提到，这个领域的研究对象都是肉眼无法直接看到的，很多结论是从“实验数据中获得的”。大家想一下就会明白，我们不可能将分子生物学世界的全貌准确无误地展示给大家，因为作为传授方的我们，本身也还有许多不明白的地方。

本书以春日亚美和夏川小玲两位大学生为主人公，描写她们由于补习“分子生物学”而被毛吕教授叫到研究所，通过体验“分子生物学演示器”的经历，并从科研助手门后照耀那里学习各类知识的故事。书中的分子生物学演示器，可以说是科研人员提出科学假说、发表研究成果等这些研究历程的模型再现。如果因为肉眼看不到而放弃研究的话，终将一事无成的，正是出于这种考虑，亚美和小玲才踏上了探索之旅，去了解分子生物学的全貌。

本书的目的是想让大家对分子生物学的概况有一个正确的了解。因此，为了便于读者理解，我们在书中很多地方的语言描述和图画的绘制上进行了变通，以便于大家更容易地理解和掌握分子生物学。另外，DNA 的复制、基因的转录、蛋白质的合成等章节，并不像本书描述的那样简单，而是一个复杂的，甚至至今还未完全明白的分子生物学世界。在理解了这些的基础上来感受分子生物学的世界，我想在某种程度上就实现本书的出版目的了。

话虽如此，分子生物学仍是一门非常深奥的学科。它涉及医学、农学、工学等应用学科，也涉及物理学、化学、地学，尤其是生物学等基础学科的知识，因此和我们的日常生活密不可分。从 20 世纪末到 21 世纪初，分子生物学的研究成果呈爆炸性增长，

而且涉及的领域也非常宽泛，所以作为一个研究者已经很难掌握它的全貌。

本书仅着重于分子生物学基础知识的介绍，因此，想全面学习分子生物学知识的人，就要以此书为起点，把兴趣拓展到分子生物学的方方面面。

最后借此机会，我要感谢欧姆社开发局的诸位，感谢创作优秀脚本的前田先生，以及将复杂的分子世界表现成漫画的咲良先生，尤其要向阅读这本书的广大读者们，致以最真挚的感谢。

武村政春

✿目　录✿

第 3 章　DNA 的复制与细胞分裂　95

❖序 章



小池和男！
到！
春日亚美！
……
夏川小玲！
……
しーん…



哎呀，那两个人又……
在我看来，只有努力学习才能取得进步。
基因
カッ
カッ
不上课的话就什么也谈不上。



时间又不多了，
想想怎么办才好！！
那么，
今天我们来讲一下有关基因重组的内容。
くるっ

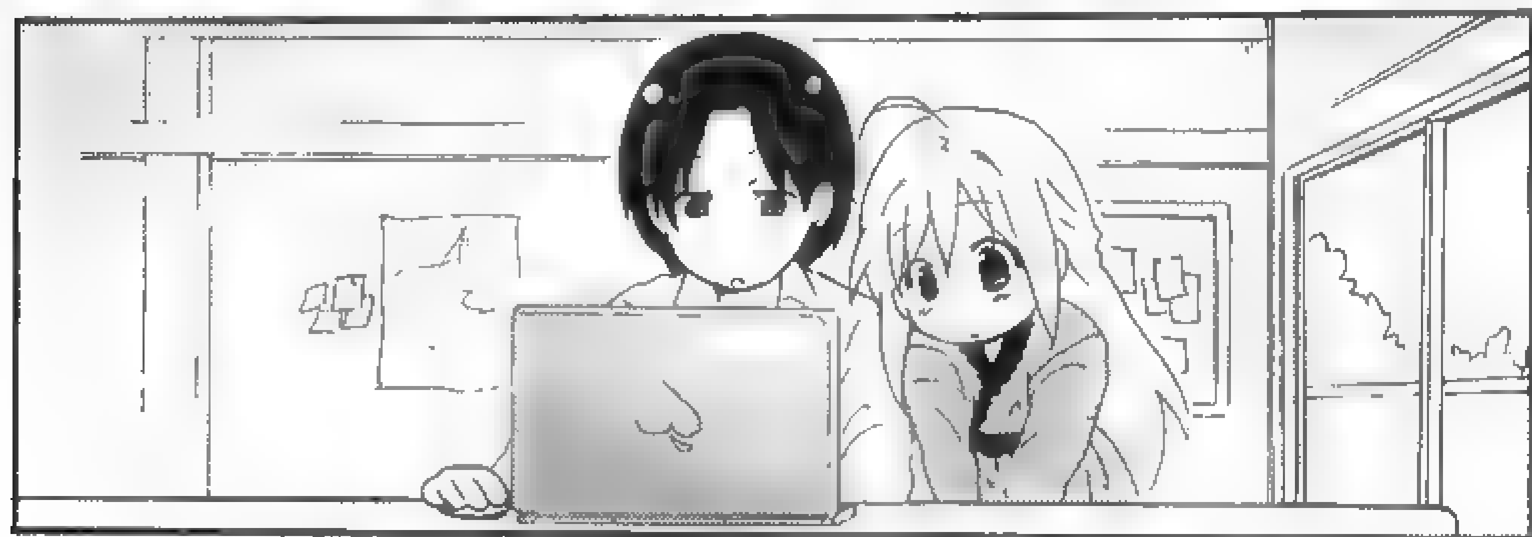

……
嗯……
只能进去了吧……
毛吕分子生物学研究室

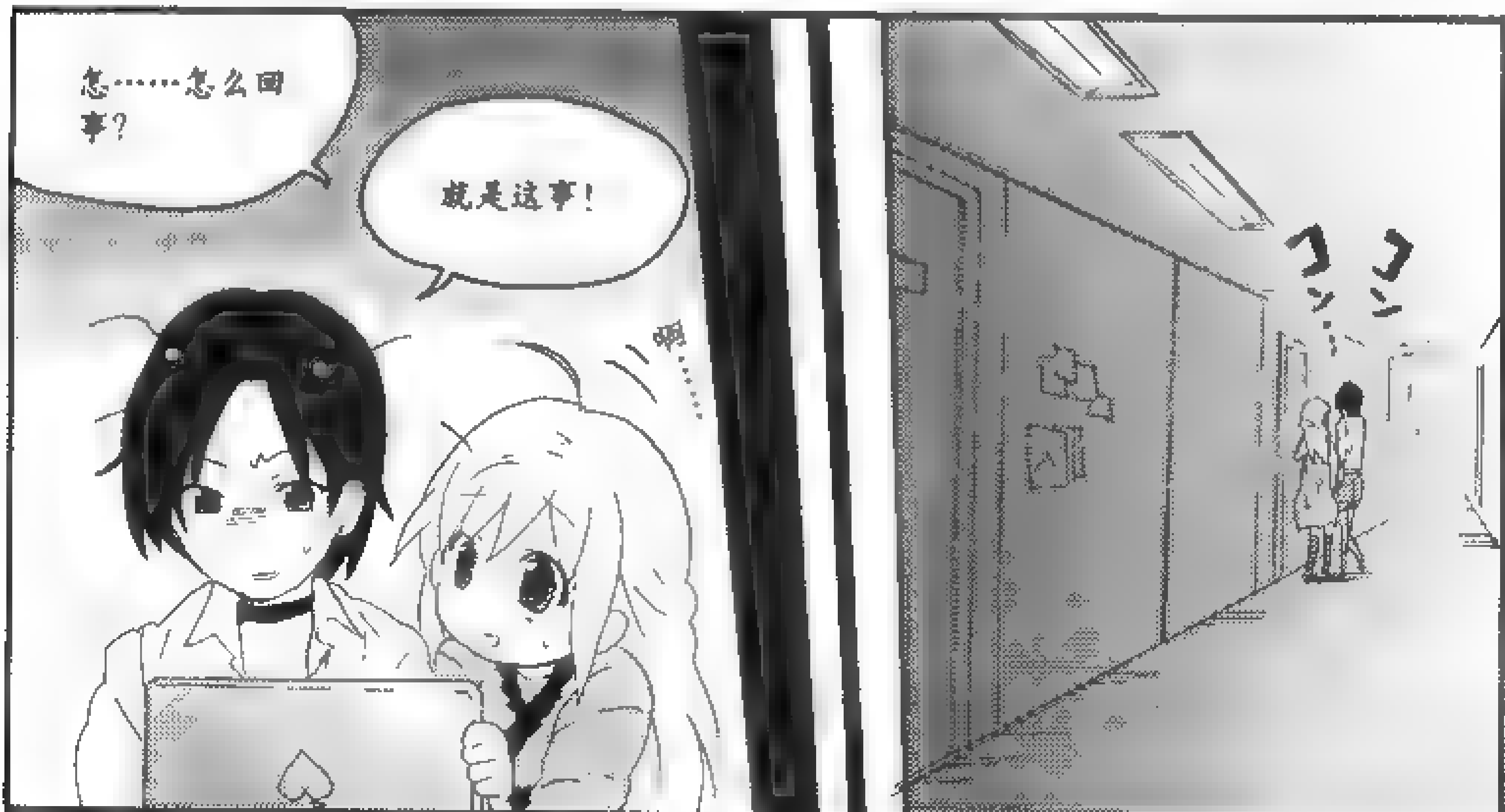
—几小时前—

春日亚美，夏川小玲：

上述两名同学，由于在上学期的必修课《分子生物学》中上课次数不够，将不能获得学分，请尽快到我的研究室来补课！

分子生物学　　毛　吕






咔
您好!


好帅啊
对不起
你们是……
啊!是春日亚美和夏川小玲吧?


我是博士的助手门后照耀。请进!
呵呵
博士?
是指乐吕老师吧?




总算是来了。
咣!
呀!?


有……
声音！？

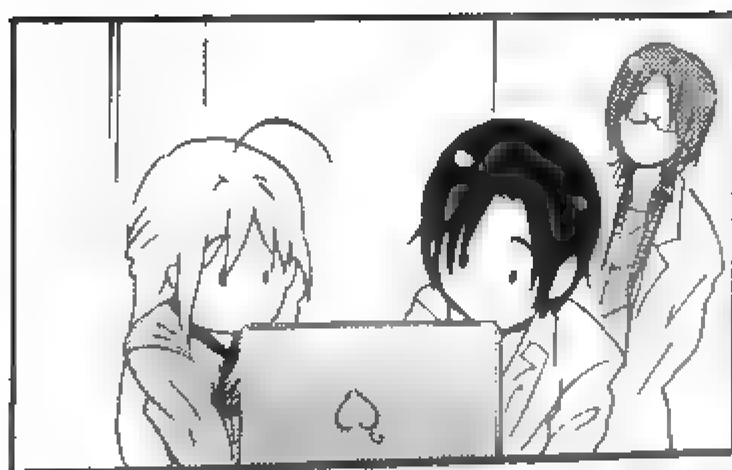

是春日君和夏川君吗？


啊……对！
我是夏川小玲！！
ぱっ!!
我……是春日亚美。

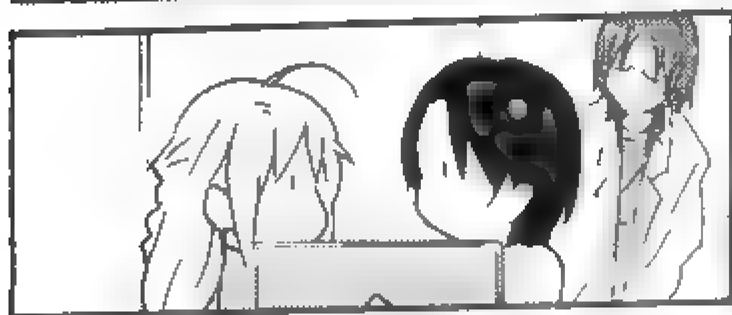

不来上课，你们到底有什么
特殊的理由？
理由……？经常去打工呗。
理由……熬夜看电视剧，早上起不来……


请到我们岛上的
研究所来。
在那儿补课。


有……岛？
不用担心！顺便给你们介绍
一下这个岛。




走，去了！！
南国风光




ザザーン…
どよ〜ん
……
…………
ザザーン


不过，
既然是岛，
就会很有趣吧？
不对！！
我们受骗
了！！
哇啊
哇啊
ちょっとお！




老——师，我们来了！！

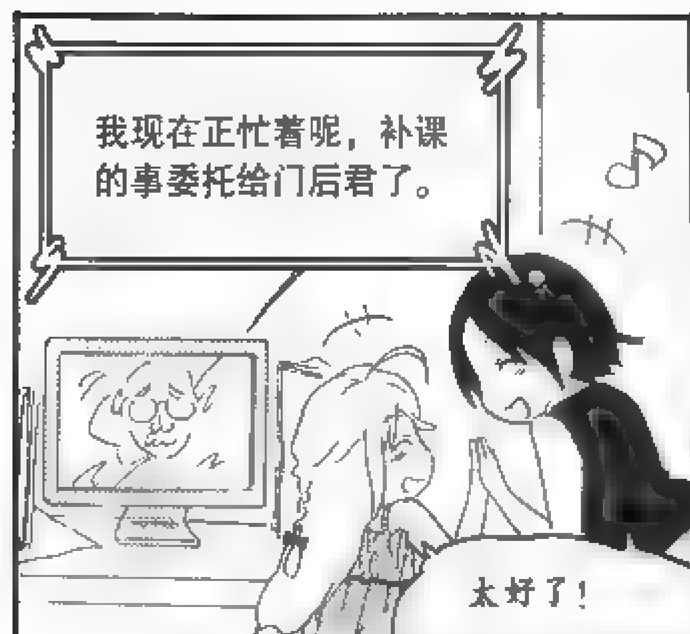



你们好，请进！
好大的研究所呀。
毛吕博士称得上是分子生物学的第一人，享受许多津贴。他用获得的收入创建了这个研究所。


津贴？
全部都是自筹的！？


这边，这边


毛吕老师！
你们俩总算来了。


我现在正忙着呢，补课的事委托给门后君了。
太好了！


可是学习分子生物学的意义我要强调一下。
你们俩知道这水是从哪里来的吗？


嗯……是雨变的吧？
不……我问的不是这个意思。


河里吧！！
哈一哈
这不是猜谜语！！请认真回答！！


嗯……你还护着他们，真是的……
好了，好了。博士，两个人都是认真的。
哈哈哈…
びよ～ん

氢原子和氧原子先结合成水分子，

然后水分子汇集而成了水。

我们身边的物质都是由分子构成的。

我们喝水，是因为水是组成人体分子所必需的。

可是，那些是我们肉眼看不见的微观世界啊？不太好懂……

那也没什么。

真的?

现在，你们要记住重要的一点，就是生物体都是由许许多多的小分子组成的。

嗯……

在这里，
我只想强调一点！！

你们学的“分子生物学”，就是——

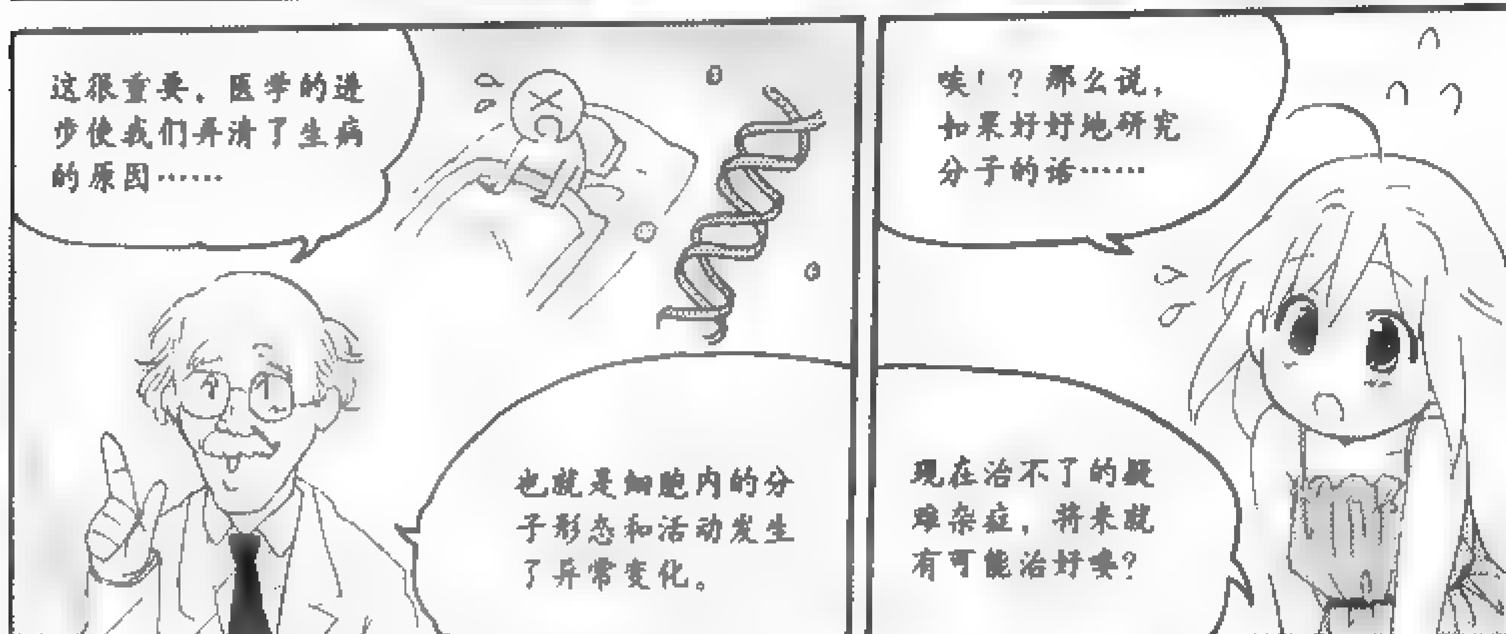
弄清楚什么样的分子做了什么样的事情而产生了什么样的结果……这样一门学问！！

ばーんっ

有点明白了！！
有点明白了！！

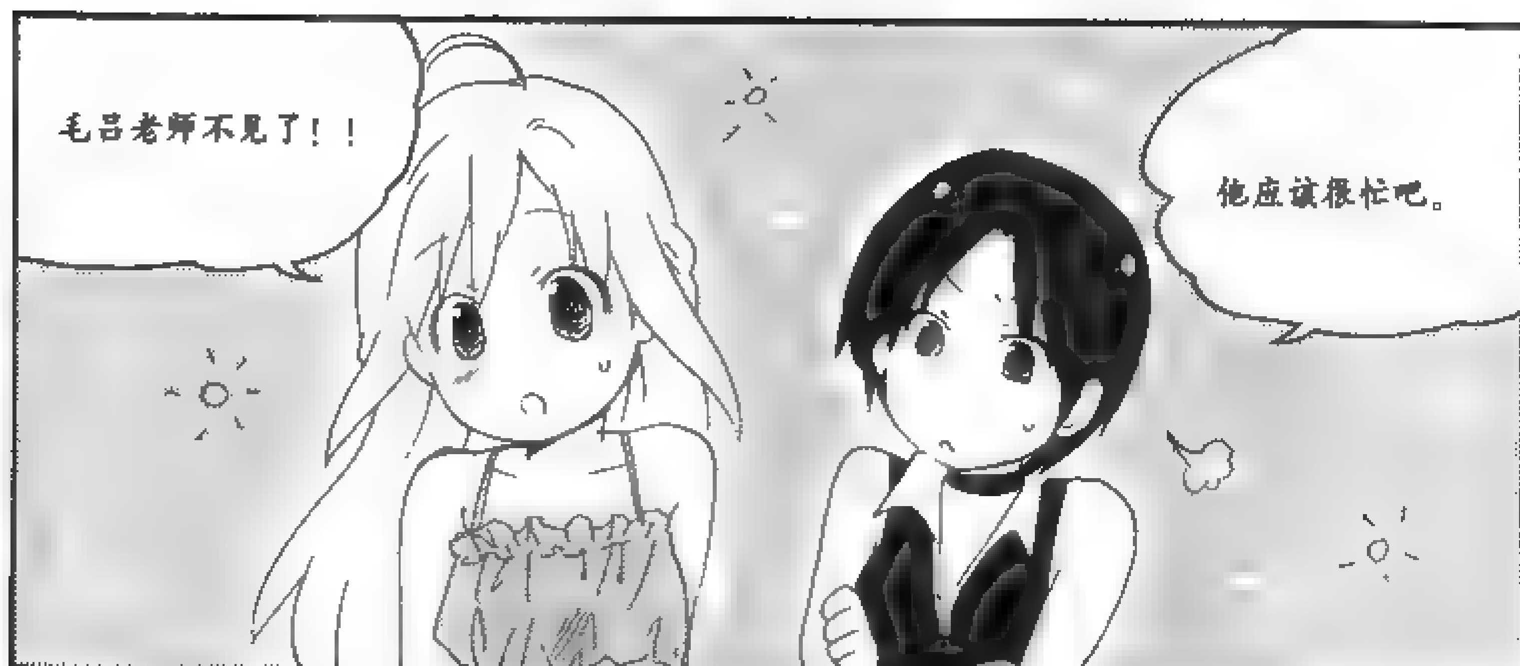
おおっ


啊，很容易会产生
这样的疑问。
うんうん
不过……分子的活动，
有那么重要吗？
亚……亚美！！
别这么说啊……


唉！？那么说，
如果好好地研究
分子的话……
现在治不了的疑
难杂症，将来就
有可能治好喽？
这很重要。医学的进
步使我们弄清了生病
的原因……
也就是细胞内的分
子形态和活动发生
了异常变化。


这个……
这个。
欸？
好期待啊……
呜 呜

首先教你们几个“分子生物学”的关键词吧。
好好记住以下五个词！
①细胞
②蛋白质
③DNA
④RNA
⑤基因
这节课将重点介绍“蛋白质”是一种什么样的分子，它是如何合成的……
孩子像父母，这是由基因决定的。
那么“基因”是什么？它实际上是生产蛋白质的“合成图”！
从另一方面讲，围绕基因这张“合成图”开展活动的重要分子，也都是一些蛋白质！
那么，基因也是分子吗？DNA和RNA又是什么？这节课将把分子生物学世界的物质构成这一问题作为重点进行详细说明！
①细胞
②蛋白质
③DNA
④RNA
⑤基因
门后君，下面请你来吧！！

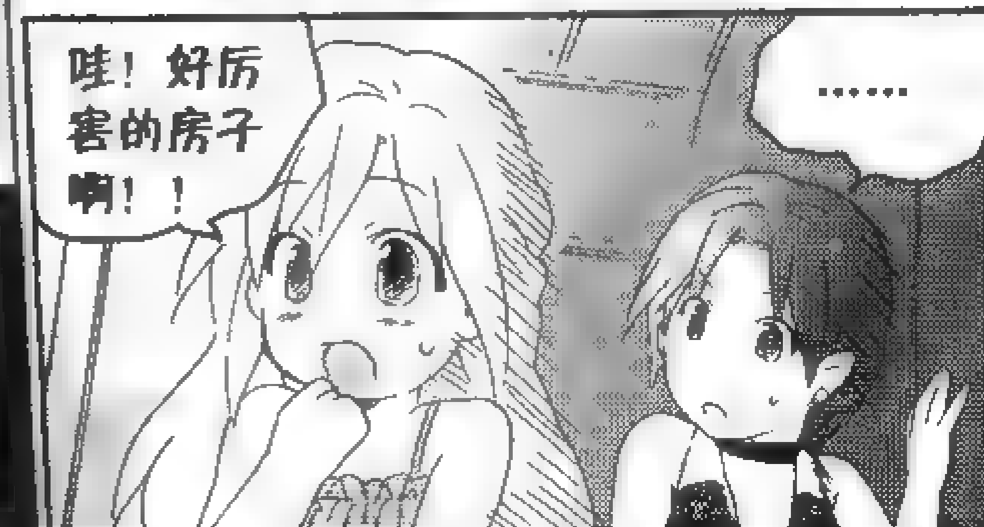

毛吕老师不见了！！
他应该很忙吧。


又是DNA，又是RNA，好难呀……
别怕，现在不懂没有关系。


总之，今后遇到这几个关键词时，你要留心。
是！！


那么，现在到教室去吧。


是这个房间。
咔


哇！好厉害的房子啊！！
……

这是博士自己开发的
微观世界演示器！！

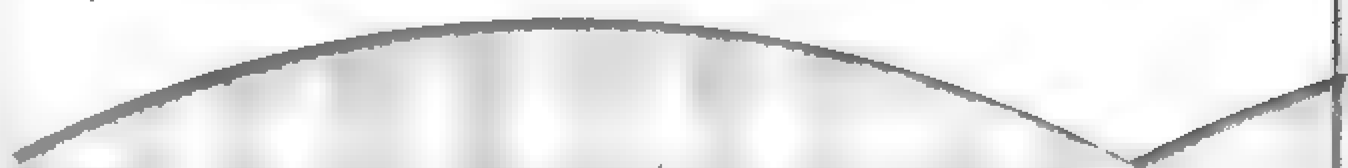




第1章

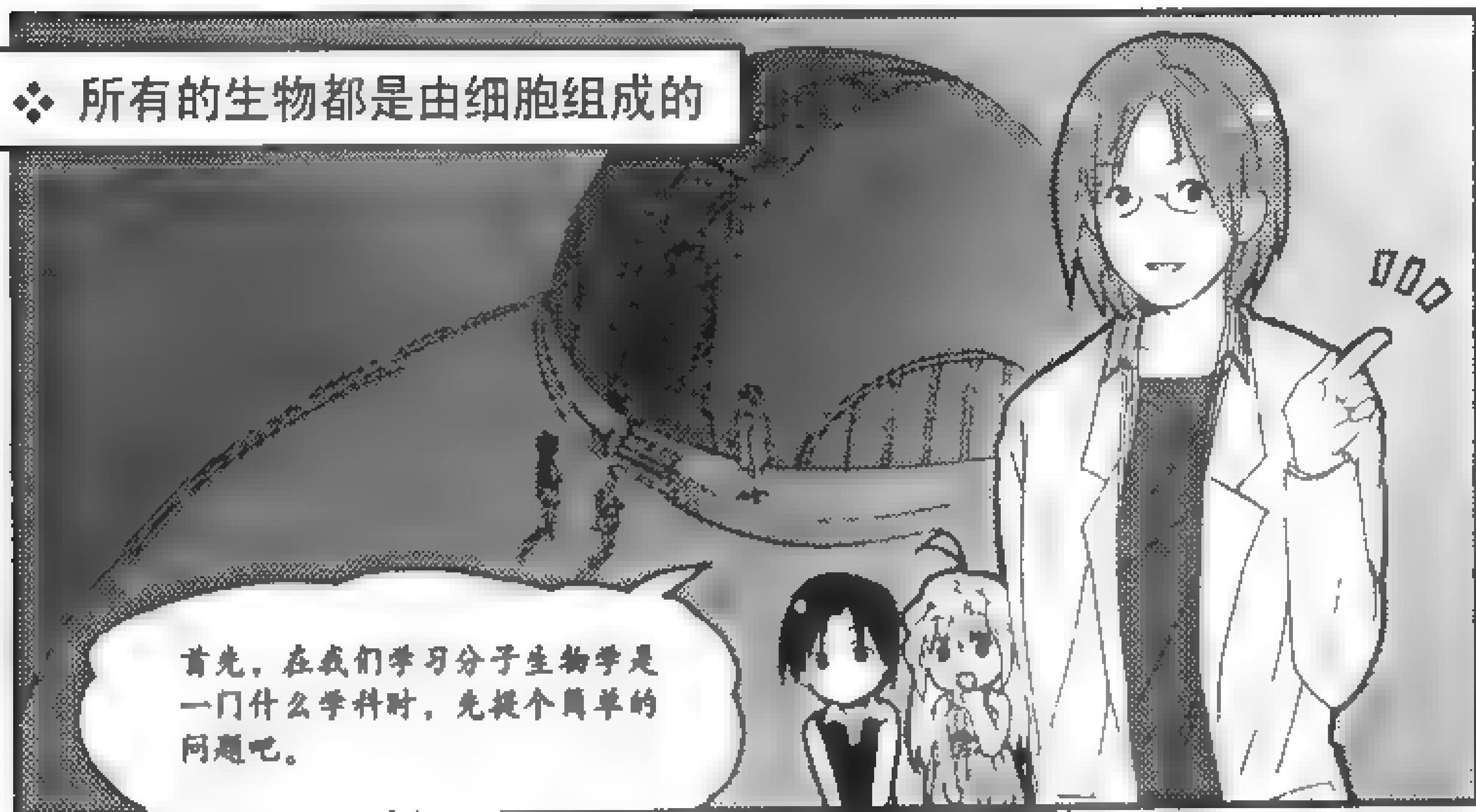
细胞是什么





① 细胞是活着的小袋子

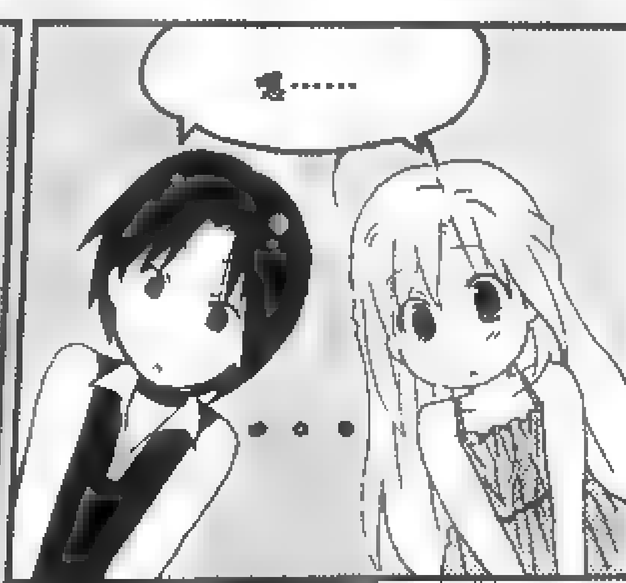
❖ 所有的生物都是由细胞组成的











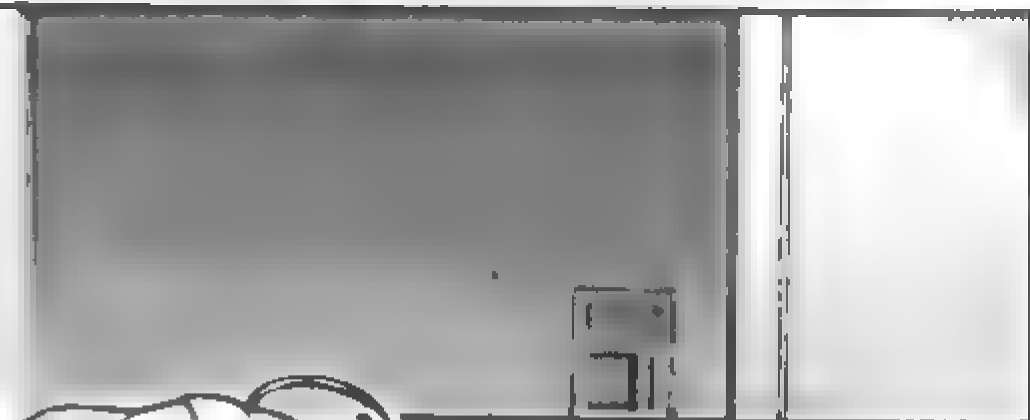




小分子结合在一起，也能变成大分子。
小分子和大分子汇集在一起，构成“细胞”的形态。



所有的生物都是由细胞组成的。



那么，现在我们用微观世界演示器来看看吧！

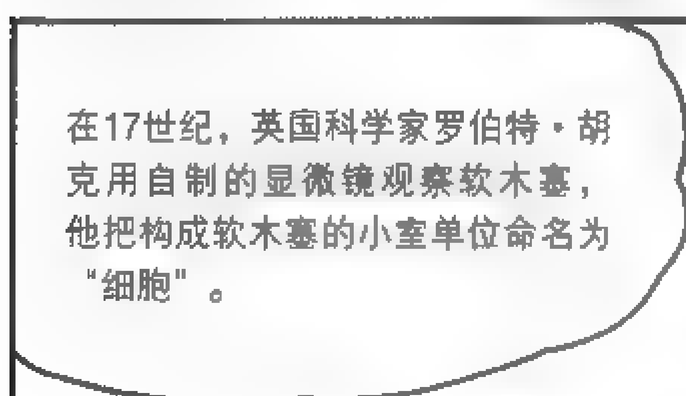




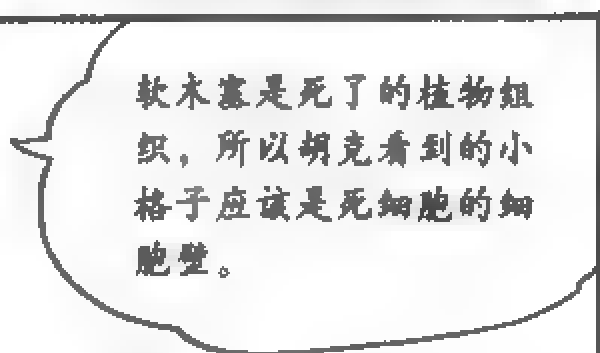
咣!?





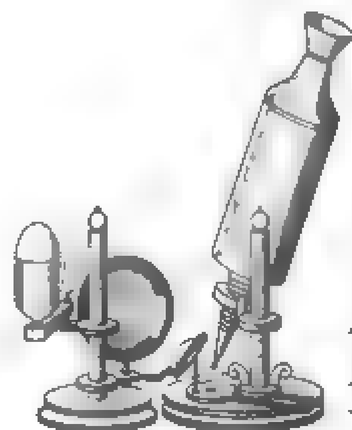




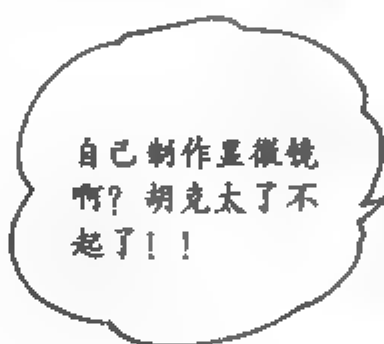




罗伯特·胡克
（1635—1703）

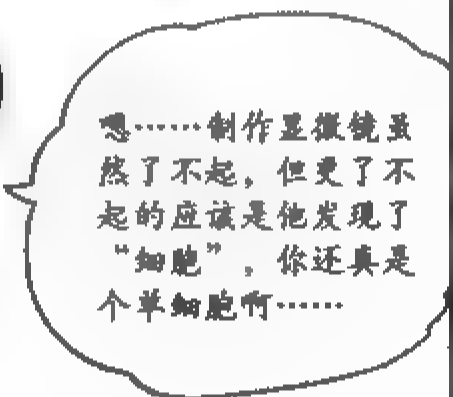


用灯和镜片收集光源，这就是胡克的显微镜。









讨厌！！
我不是单细胞！！

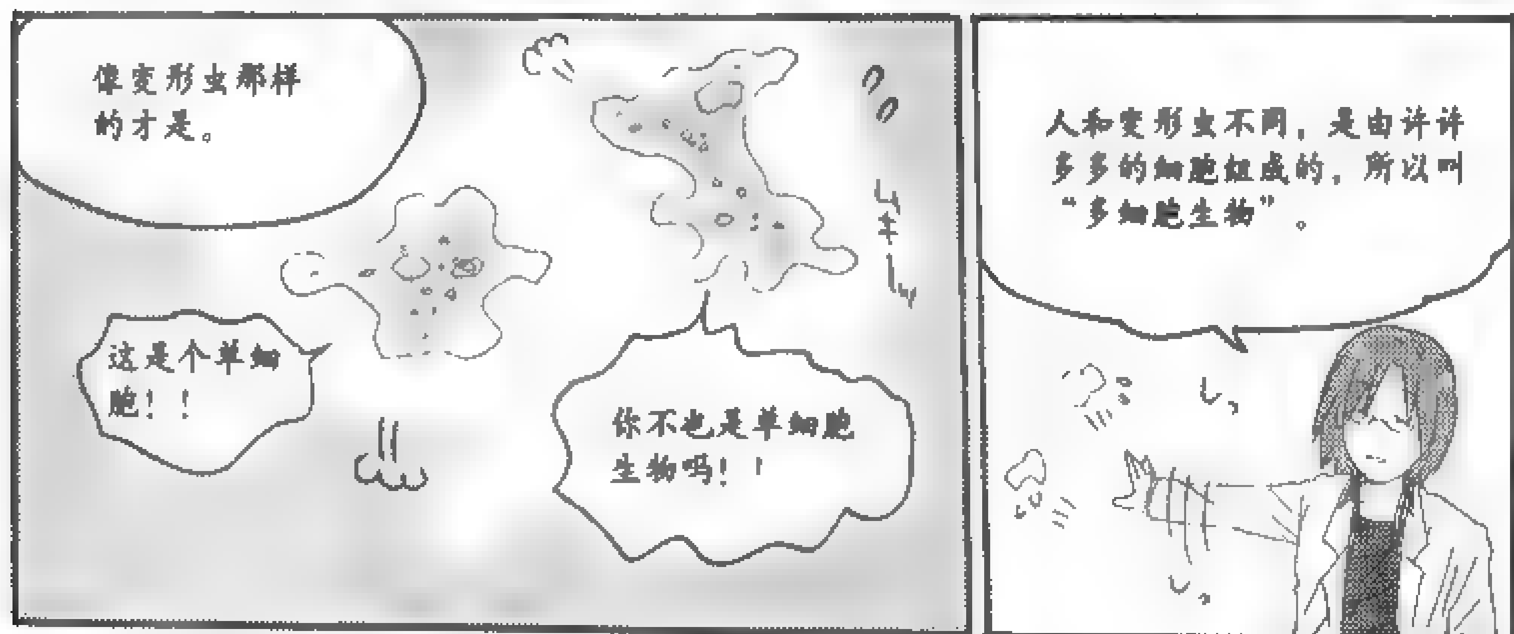
？

由一个细胞组成的生物体才叫“单细胞生物”。

当然，亚美并不是单细胞。

单细胞……生物？

是的，比如说——





❖ 细胞是活的

还是继续说细胞吧。

在胡克的发现之后，又有其他学者进行研究，知道了所有的生物都是由小室单位……也就是细胞所组成的。

刚才说，所有的生物都是由细胞所组成的。

是的！！

如果把我们的身体比喻成“家”的话，那么细胞就像是“砖”吧？

也可以这么说吧。

等等，门后君！！


这部分应该讲清楚！！
嗯——
哇，是博士的头像！？
从天而降!?


砖和细胞，本质上可不相同！！
啊……对……


请你们俩把手放在胸口上。


怎么样？“咚咚”直跳吧？
咚
咚


心脏也是由许许多多的细胞组成的，那些细胞个个都很活跃。
是吗……明白了！！细胞和砖不同，它是“活的”！！

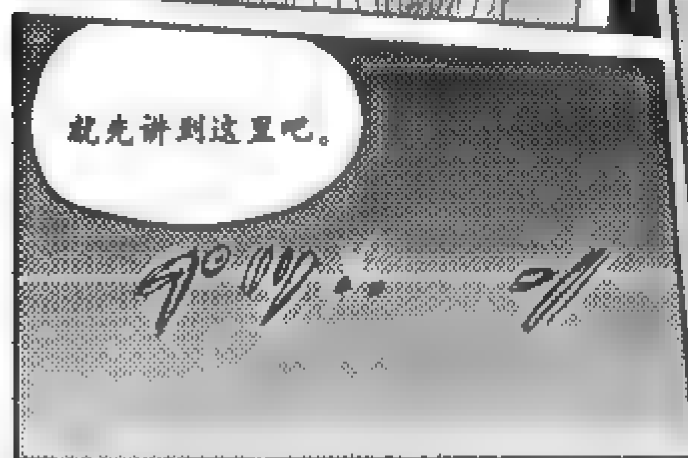

说得好！！是的，每个细胞都是有生命的、独立的！！
证据就是——

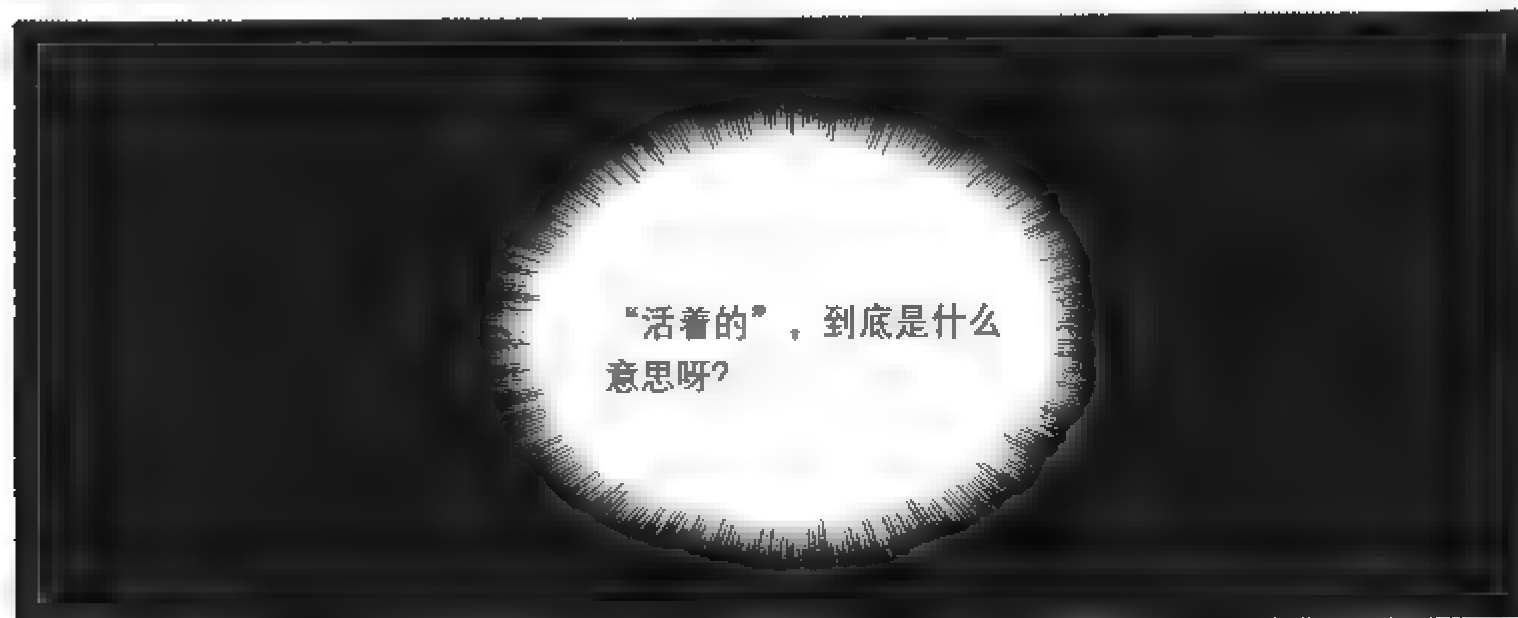

从人体取出的细胞，在实验室里培养，短时间内仍能存活。
只有一个细胞也能存活，有点不可思议……


像变形虫和细菌那样的单细胞生物，只有一个细胞，不也活得很好吗？
是啊，确实……


其中也会有马上就死掉的吧？


真是忙碌的人啊。
“马上就死掉的……”说这话时老师有些伤感··


就先讲到这里吧。


“活着的”，到底是什么意思呀？

❖ 细胞是由各种分子构成的

细胞是由各种分子构成的。

分子从大到小，种类多样、数目繁多，它们有的相互碰撞，有的相互结合，有的还发生化学反应，构建了一个生机勃勃的生命单位——细胞社会。

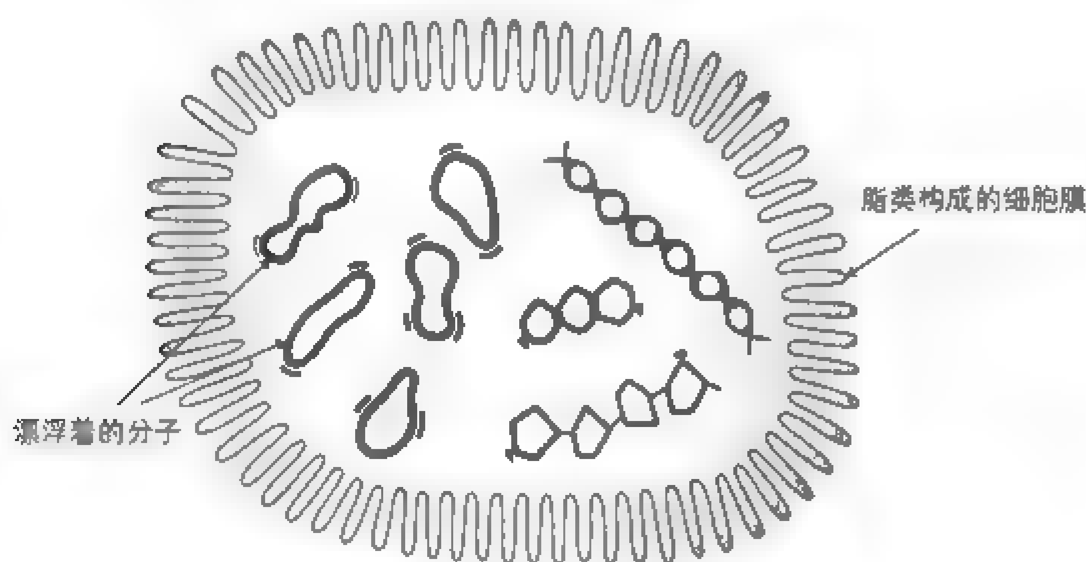
大分子包括：核酸、蛋白质、脂质、多糖等。

小分子包括：水、氨基酸、矿物质、无机盐等。

本书的开始部分我们已经讲过，细胞活动的中心是蛋白质。

大的蛋白质分子，是由20种叫做氨基酸的分子一个一个连接而成的。氨基酸的连接顺序不同，所产生的蛋白质的种类就不同，其性质各异，所发挥的功能也就千变万化。因此，正是由于它们的工作，细胞的结构和功能才能得到维护，细胞才能够生存。

另外，接下来还要讲到核酸，它是构成基因的重要物质。



细胞中许多分子呈漂浮状态

脂类也会在后面中提到，它是覆盖细胞表面细胞膜的重要组成成分。

糖类又称为碳水化合物。以前大家听说过“米饭和面食就是碳水化合物”的说法吧？其实不假，糖类就是那些食品含有的能量源，是它们细胞中的主要成分。

实际上，我们可以把细胞简单地看作是：许许多多的分子以漂浮的状态存在于液体中，脂类形成的细胞膜再将它们包裹起来。

❖ 眼睛能看见的大细胞

刚才讲的细胞都是一些用显微镜才能看见的世界，而普通家庭通常都没有显微镜，谁还会知道细胞是什么样的呀！

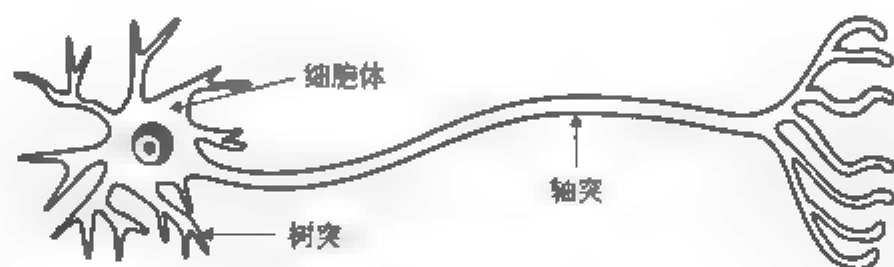
如果你有那样的想法，请打开冰箱看看。我想大概每家的冰箱都是这样，在门的一侧放有白色椭圆型的、直径约几厘米的食物，是什么？对，是鸡蛋。我们每天吃的鸡蛋，实际上它就是一个细胞。

如果大家问为什么这个细胞会那么大，那是因为“卵黄”出奇大的缘故。这个细胞够大吧，不用显微镜也能看得见。

❖ 人体内最长的细胞

那么，接下来再讲一讲我们人体的细胞。初一看，有没有人会想“啊，这是一个细胞？”实际上，人体有各种不同的细胞，根据它们的形状、大小和功能的不同，分为不同的种类，既有松散细长的、也有拥挤饱满的。

细胞的大小通常只有几微米，所以只有通过显微镜才能看到。但实际上，在我们的体内，有一种和我们身高差不多一样长的细胞，那就是“神经细胞”。顾名思义，就是形成身体神经系统的细胞。这种神经细胞形状奇特，乍一看有点像外星人的样子。

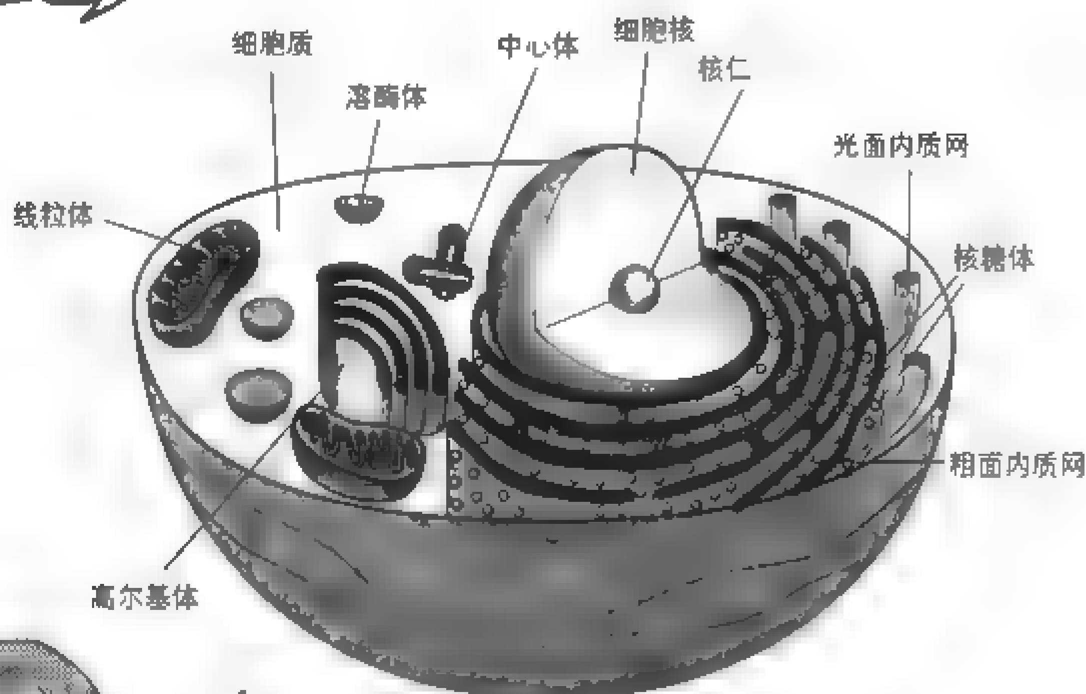


神经细胞的形态

神经细胞是由大的细胞体和细小的轴突构成的。细胞体有许多的树状突起向外侧伸出形成树突，轴突则是传递兴奋的通路部分。在我们的体内，有的神经细胞的轴突长达1米以上。

② 细胞的内部构造

那么，让我们赶快出发，踏上探索细胞结构之旅吧。


细胞质
溶酶体
中心体
细胞核
核仁
光面内质网
线粒体
核糖体
粗面内质网
高尔基体


那儿有一个典型的细胞模型，请先仔细地观察一下。


哇噢……
里面包含这么多东西呀。
果真……有的像球一样是圆滑的、有的像窗帘一样是飘动的……
哇

对啊，既有这么多毛茸茸的、像雪一样的东西……

又有无数像芝麻盐的粒状物漂浮着……

怎么样，细胞的里面很有趣吧?

有点恶心……

想吐!

那，这样吧，咱们现在就进去看看吧。

唉!?
要接触那些东西!?

不行不行不行
不行不行不行
——

这可为难了……

没关系的，咱们乘坐交通工具进去吧。

交通工具?

是的，它的名字叫“细胞膜穿梭机”。

真有交通工具吗……

是……
真的吗?

❖ 通过细胞膜

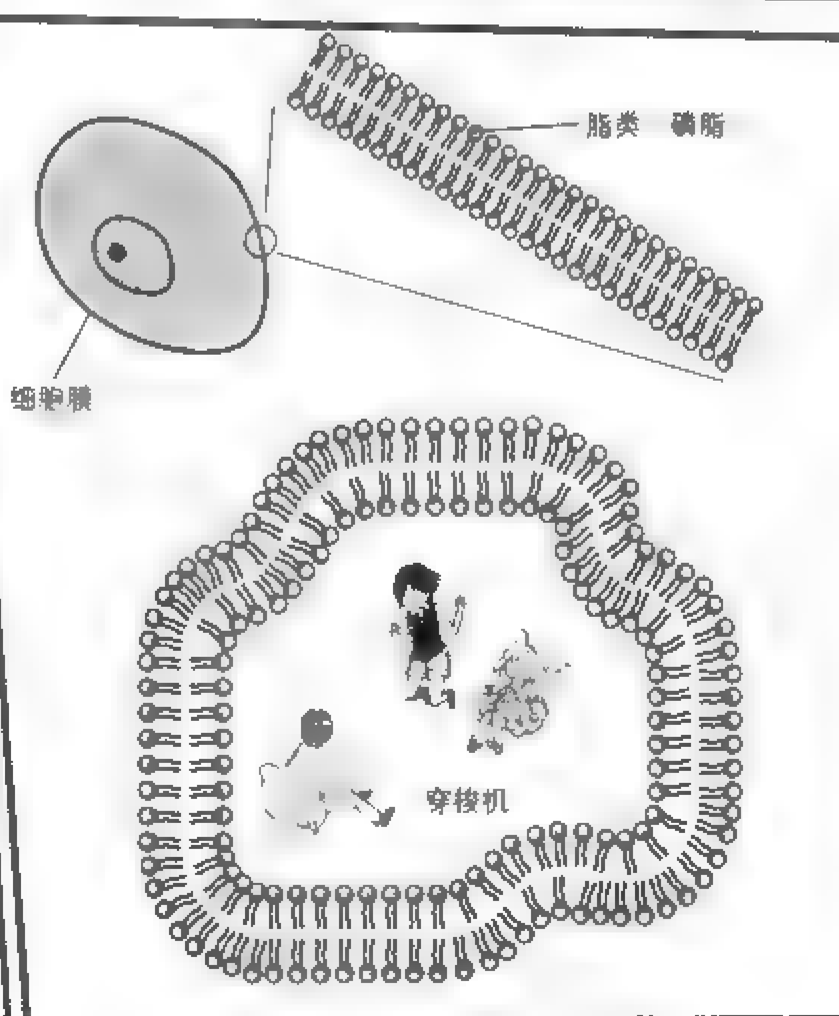
ぷよん

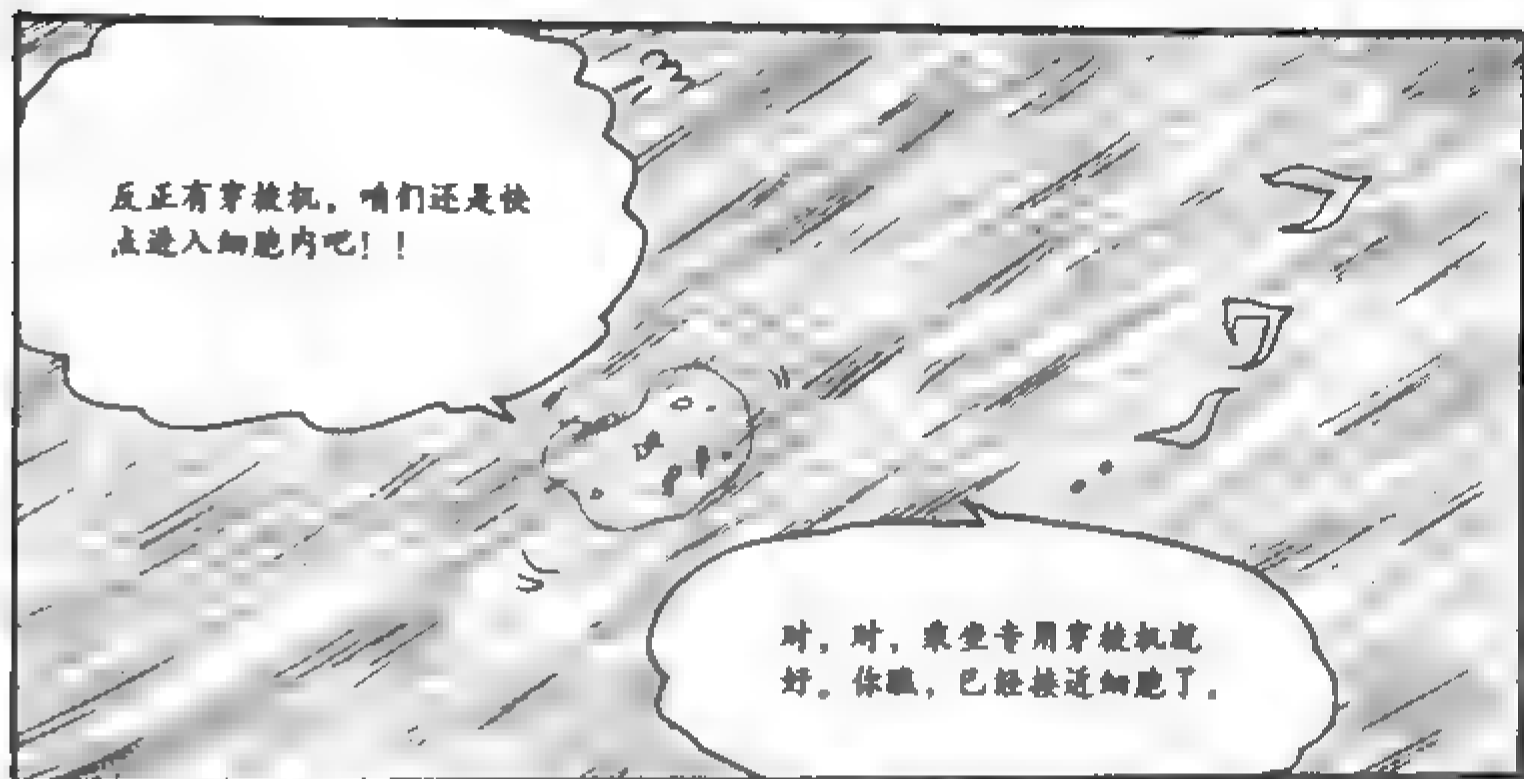
这是什么交通工具？

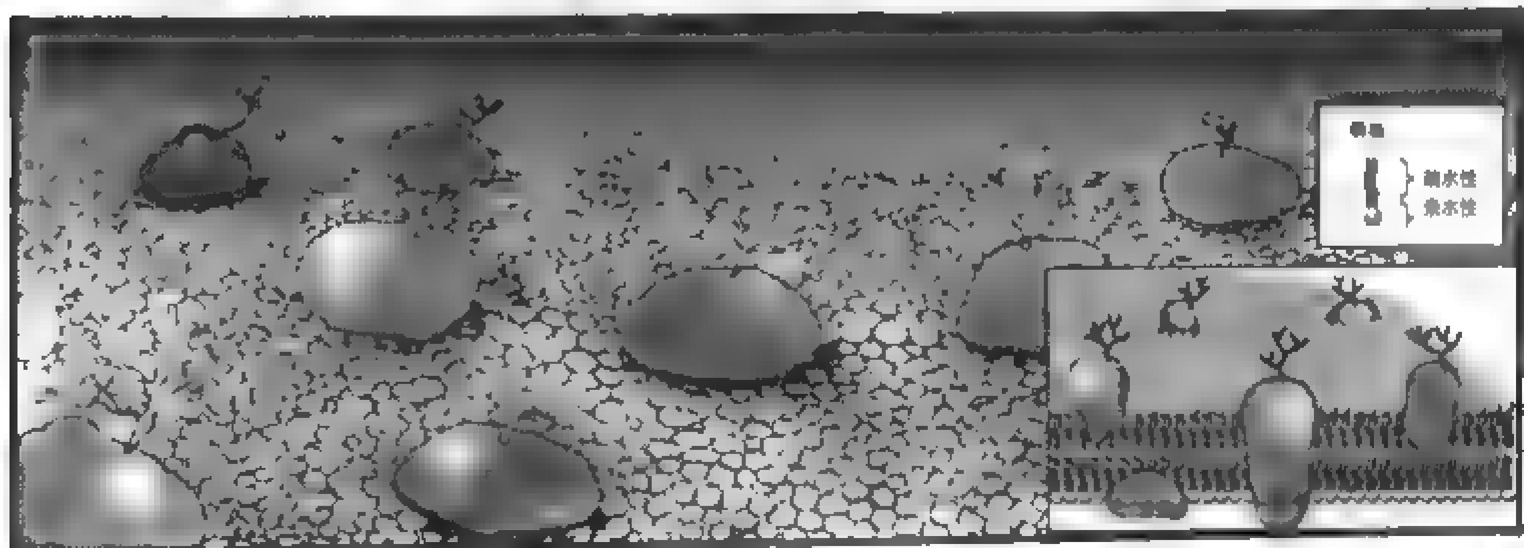
怎么感觉软软塌塌、疙疙瘩瘩的，就像我现在的心情一样不爽。

ぷよん






反正有穿梭机，咱们还是快点进入细胞内吧！！
对，对，乘坐专用穿梭机就好。你瞧，已经接近细胞了。

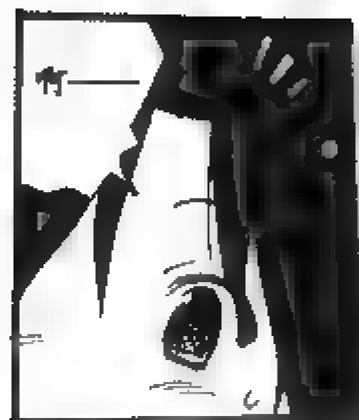



细胞膜的表面可不是平坦光滑的，
它上面埋有各种东西，形成了一个粗糙的面。
有点恶心……
到处都是疙疙瘩瘩的……
啊——进去了！！


细胞膜是脂质二层膜，这里到处都悬浮着蛋白质。
这些蛋白质能将细胞外的信号传递到细胞内——
细胞


在细胞和细胞之间进行信息交流时，蛋白质发挥着重要的作用。
细胞
喂！你好吗？
喂！
你在干什么呢？
细胞
细胞和细胞在进行交流吗？


啊——
毛骨悚然！！！
细胞
好厉害
………
不同的细胞之间……
别管我——





细胞膜是流动性的，其中的脂质和蛋白质都是可以移动的。

就像两个肥皂泡遇到一块变成一个一样，穿梭机也能和细胞膜融为一体……

融合

合为一体

……好像明白了，又好像不明白。

啊，穿梭机没有了，我们该如何进入细胞里？

不要担心！！我们已经进到细胞里了。

哇！！

❖ 许许多多的细胞器



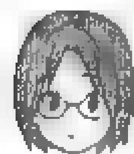
细胞中的物质非常丰富，它们形成一个类似于“海洋”的世界。看一下细胞里的世界，这些物质多的让人触目惊心，有大大小小的物体像鱼一样漂游在其中，有时还会有类似“鲸鱼”那样的巨大物体出现。

就像刚才已经讲到的那样，活细胞是整齐排列着的。它们为了生存需要从事各项工作，而从事工作就需要设置相应的“部门”。

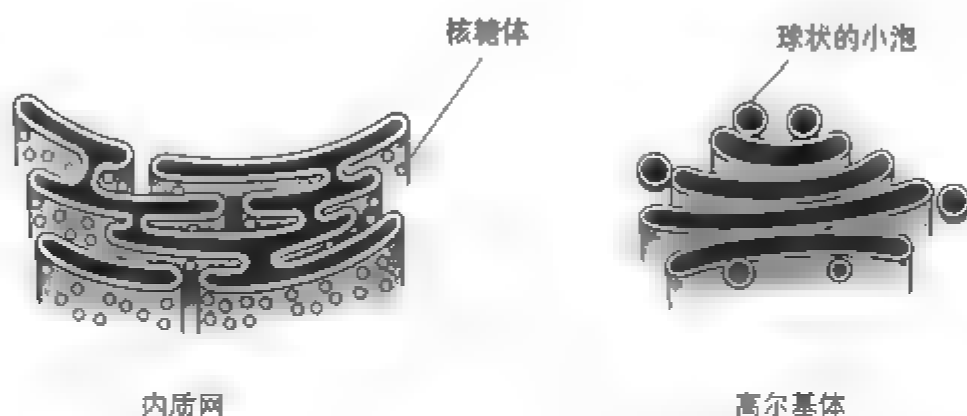
我们将这些发挥不同功能的“部门”通称为细胞小器官（细胞器）。上面提到的像鲸鱼那样巨大的物质，实际上就是一些细胞器。



喂，照耀君，刚才看到的像墙壁一样立着的、重叠好几层的物质是什么？



那我们走近看看吧。其实像墙壁一样的物质并不是墙壁，是一种与细胞膜一样薄的膜。再走近看一看，你会发现，它又平、又薄，类似于袋状物的结构。



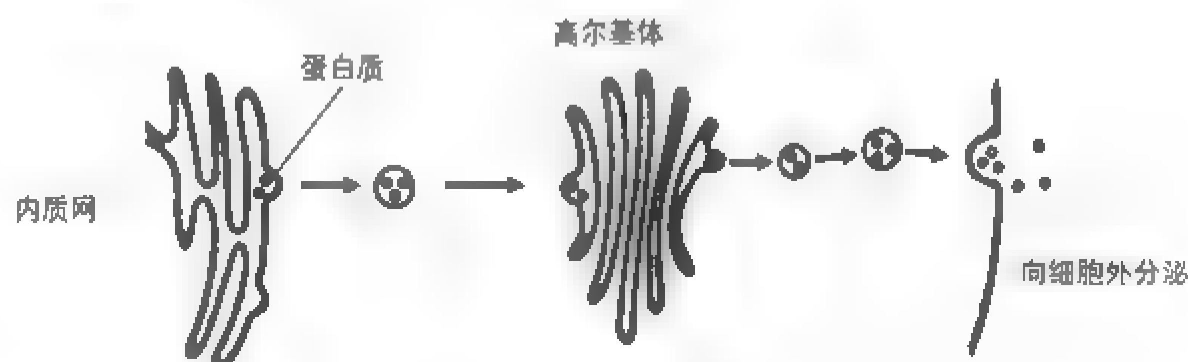


真的耶！又平、又薄的袋状物还是多层重叠的呢！



这是被称为**内质网**的细胞器，有一种能合成蛋白质的机器——**核糖体**就附着在它的上面，并且它还能对合成的蛋白质实施加工处理。

实际上，肝细胞和淋巴细胞等多种细胞，他们合成的蛋白质并不在自己的细胞内使用，而是分泌到细胞外去。这时，一种被称为**高尔基体**的细胞器，就像“运输公司”一样发挥着作用。运输的方式就如同前面讲到的“细胞膜穿梭机”，通过膜与膜之间的融合，将内部的物质传递到核糖体以及细胞外等处。



将蛋白质分泌到细胞外的高尔基体



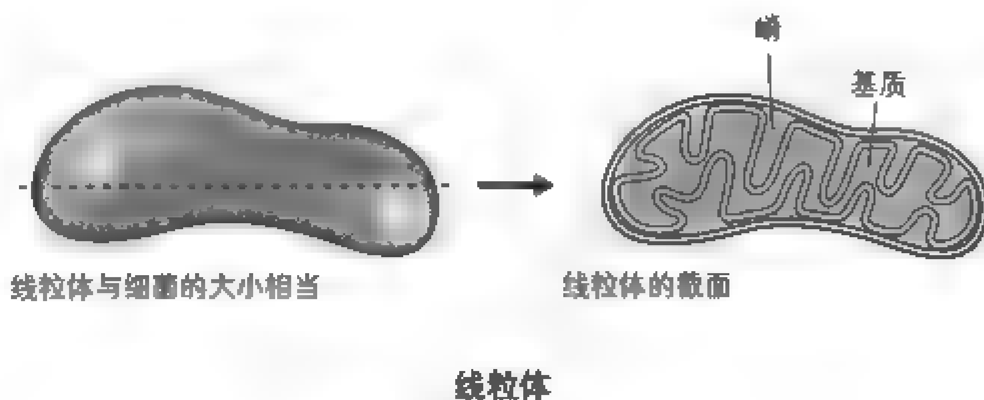
所以，我们就得乘坐那种让人不舒服的“穿梭机”啊……。



是的。你瞧，在对面的袋子里，大的蛋白质在不断地被分解变小。那是被称为“**溶酶体**”的细胞器，它能分解物质，相当于“细胞的消化器官”。另外，还有一个同样具有球状小泡结构的细胞器，那就是**过氧化物酶体**。它能氧化有害物质，起到解毒的作用。



线粒体是非常重要的，它是细胞为生存制造能量的“能量生产工厂”。如果没有线粒体，细胞就不能存活。

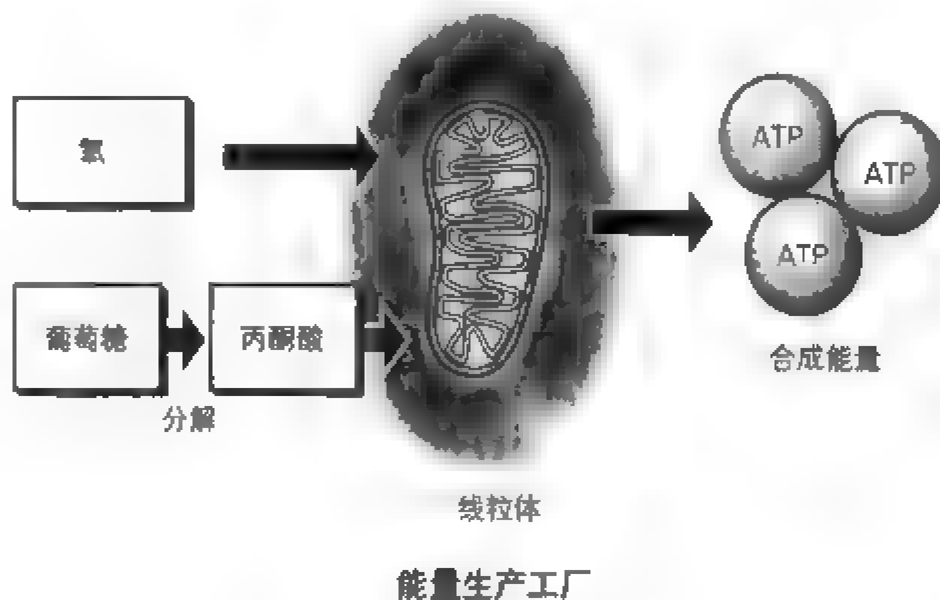


线粒体

线粒体能利用我们呼吸摄取的氧，对糖类（葡萄糖）进行氧化分解产生丙酮酸，并合成能量（以化学物质ATP的形式）的地方。



“高尔基体”和“线粒体”还好区分，但“核糖体”、“溶酶体”和“过氧化物酶体”比较相似，区分起来还真有点难度……



能量生产工厂



……线粒体，听起来有点像是食物的名称！



欸！？最后竟然会有这种感觉！？

③ 细胞的指挥塔——细胞核

❖ 格外大的细胞器

这个球状物是细胞核，
它就是细胞的指挥塔。

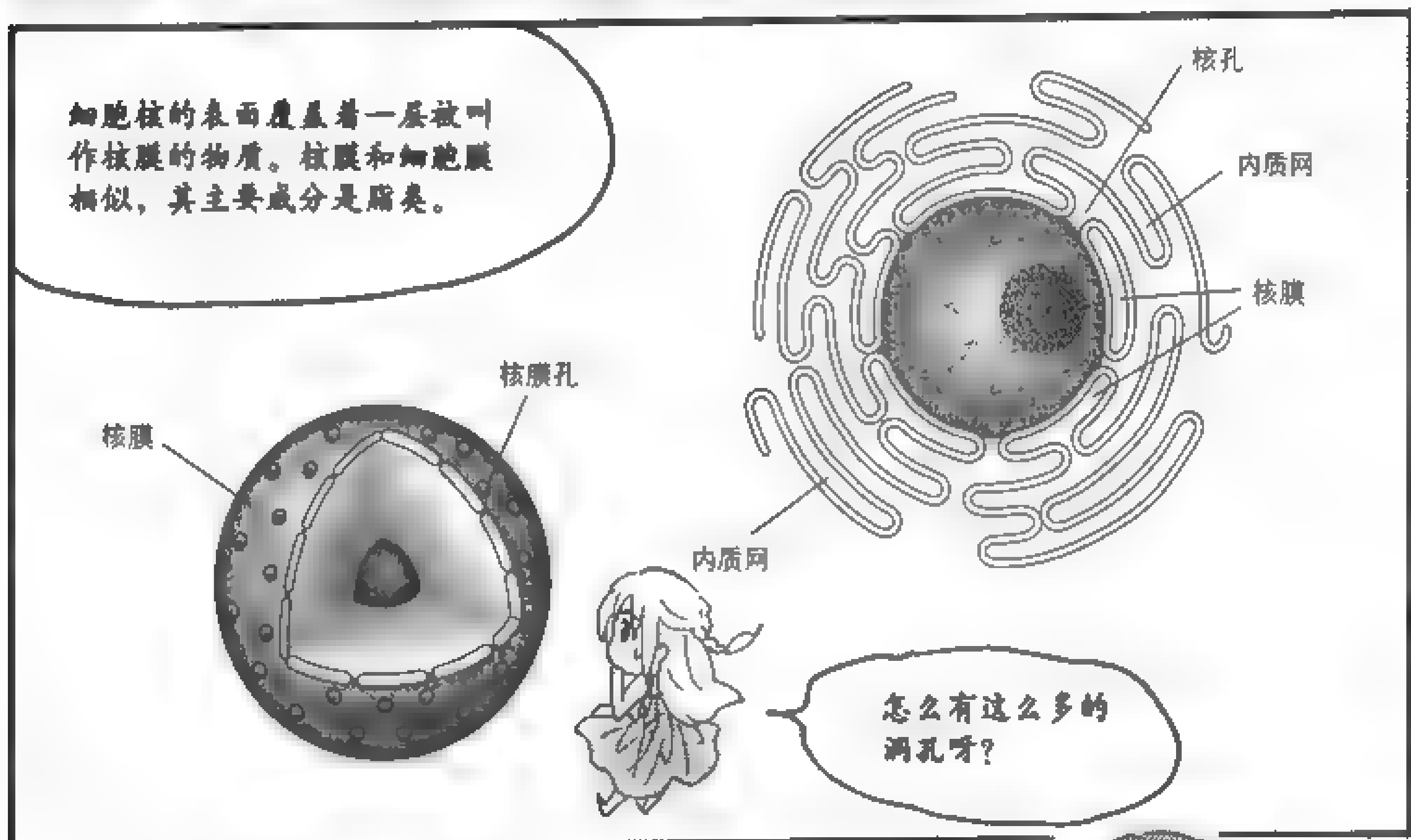
好大的球！！

太大了！！






"DNA"，听起来有些耳熟呀！！
DNA是核酸大分子的一种，
这个DNA就是基因的正体！！
"基因"，以前也似乎听过！！
那，我们再走近细胞核去看看吧。


细胞核的表面覆盖着一层被叫作核膜的物质。核膜和细胞膜相似，其主要成分是脂类。
核孔
内质网
核膜
核膜孔
核膜
内质网
怎么有这么多的洞孔呀？


那些看上去张开的洞，就是核孔。
严格地讲，是蛋白质性质的块状核孔复合体，由于被不完全覆盖而形成的许多空隙结构。

❖ 核里有什么


喂，照耀君，核里只有DNA吗？
很遗憾！
核里除了DNA外，还含有许许多多、形形色色的分子……
真是的，少起哄，轻松一点不好吗……


对，也是……
核里有DNA，以及DNA作为基因发挥功能所需要的各种蛋白质。


此外，还有许多和DNA相似的“RNA”存在。
……


呆……头痛……
不好！！
可能超过了亚美的脑容量！！
不会吧？


亚美，坚持住！
马上就要休息了！
啊……

❖ 进核里看看吧

下面，我们就进核里去，看看里面的情况吧。

不过，怎样才能进入核里呢？

这需要“进核门票”。

这个“门票”是由几个氨基酸连接而成的分子，我们叫它“入核信号”。

你就当“进核门票”来记吧。

持有这个就可以进入核内吗！？

是的，是这样。

合成蛋白质的核糖体在细胞质里。

核糖体合成的蛋白质，它如果在核内发挥功能的话，就应该持有“进核门票”。

你可以这样来理解：蛋白质的其中一部分起着“门票”的作用。

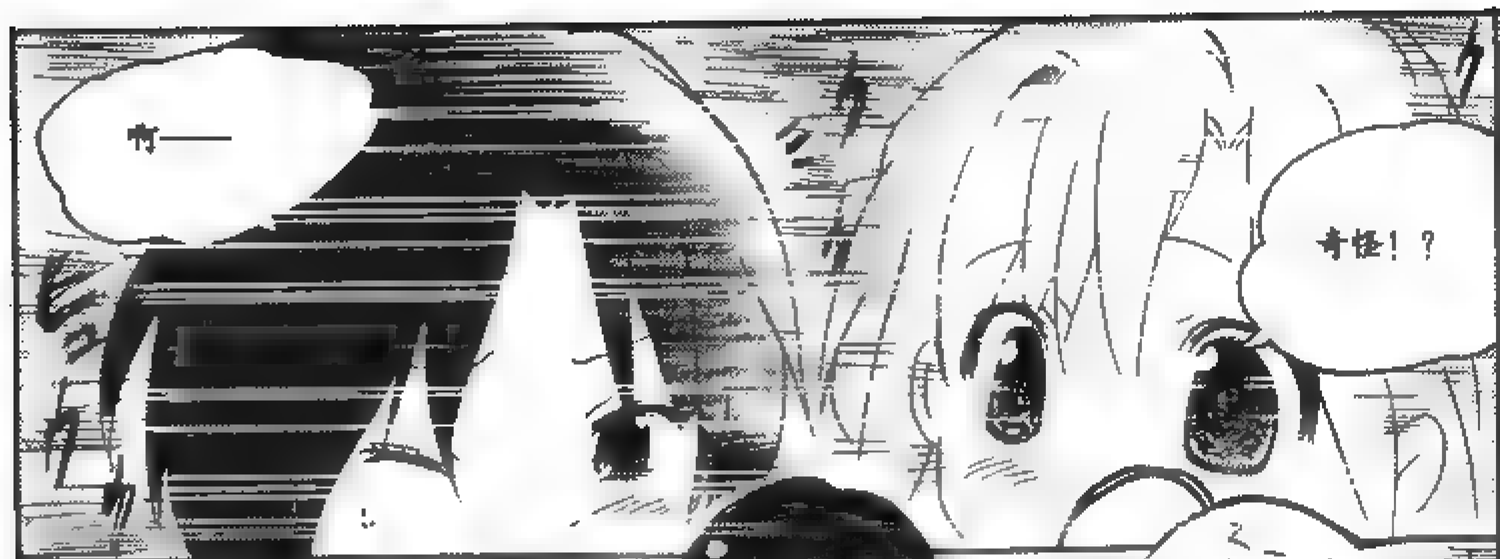
什么呀，
这是！！

我是负责核内运输蛋白质的！这两人也都持有“门票”！！

呀——

哇——
危险！！





像这样保持镇定，我们就可以被带到核内去了。

!!



❖ 核内的情况

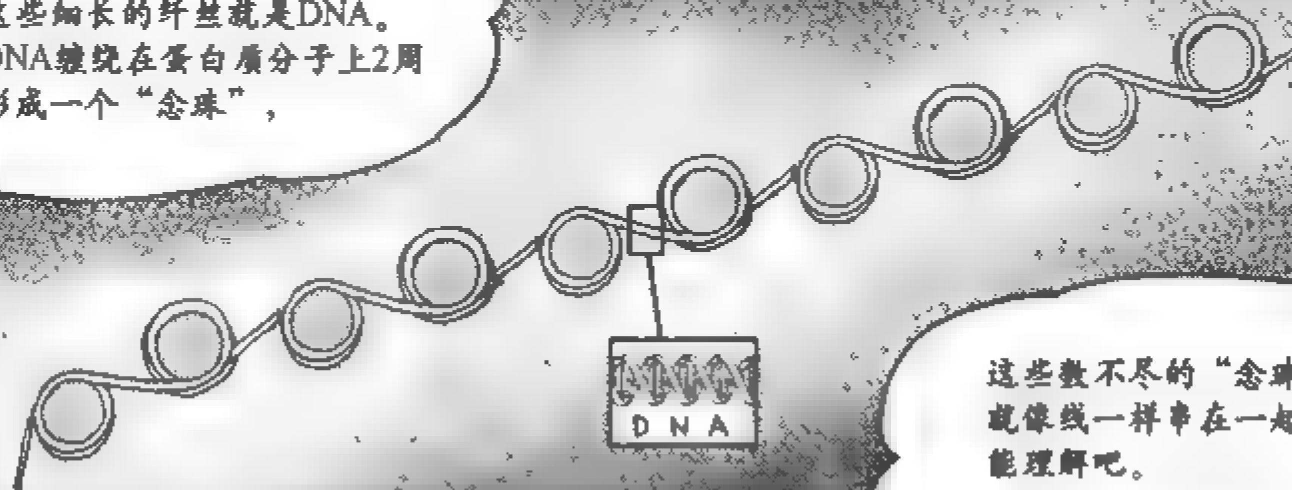
亚美和小玲，快起来！
已经进入核内了。

嗯……像在做梦。

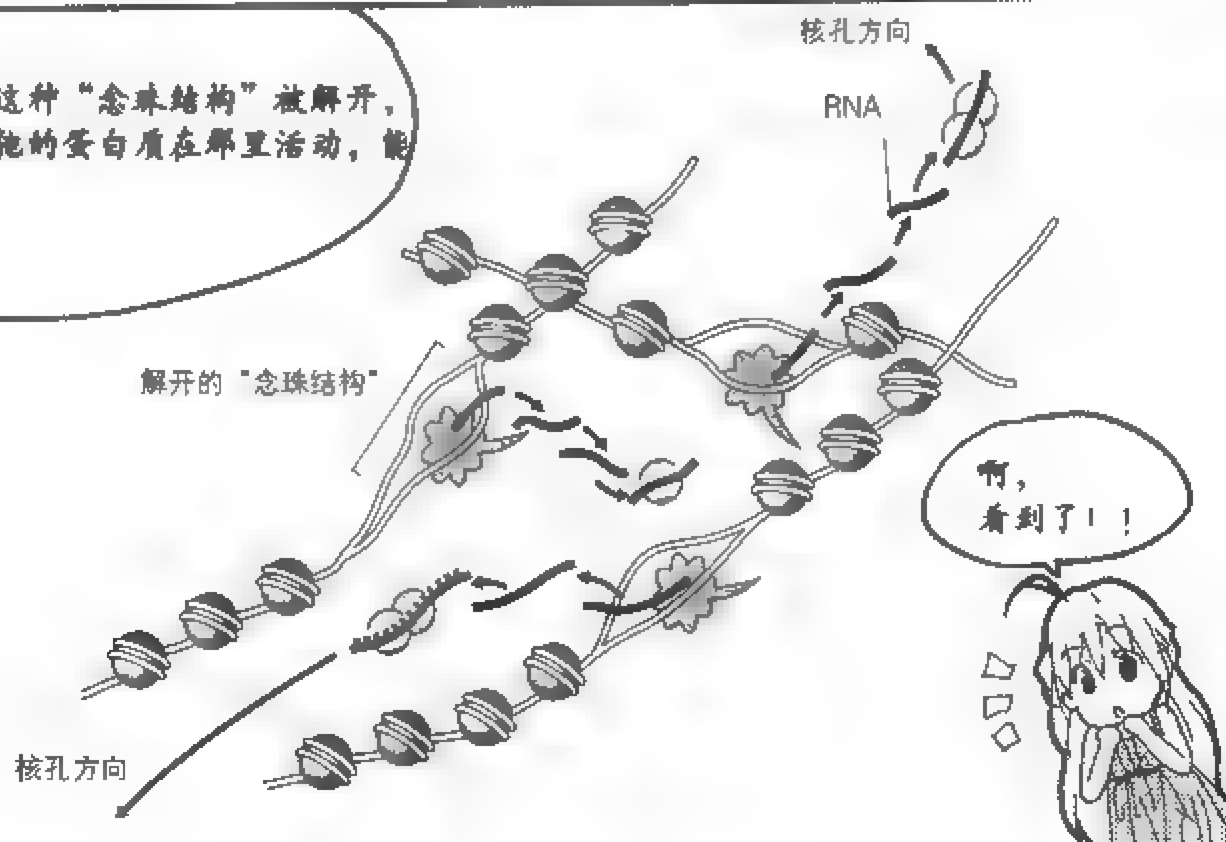
!!

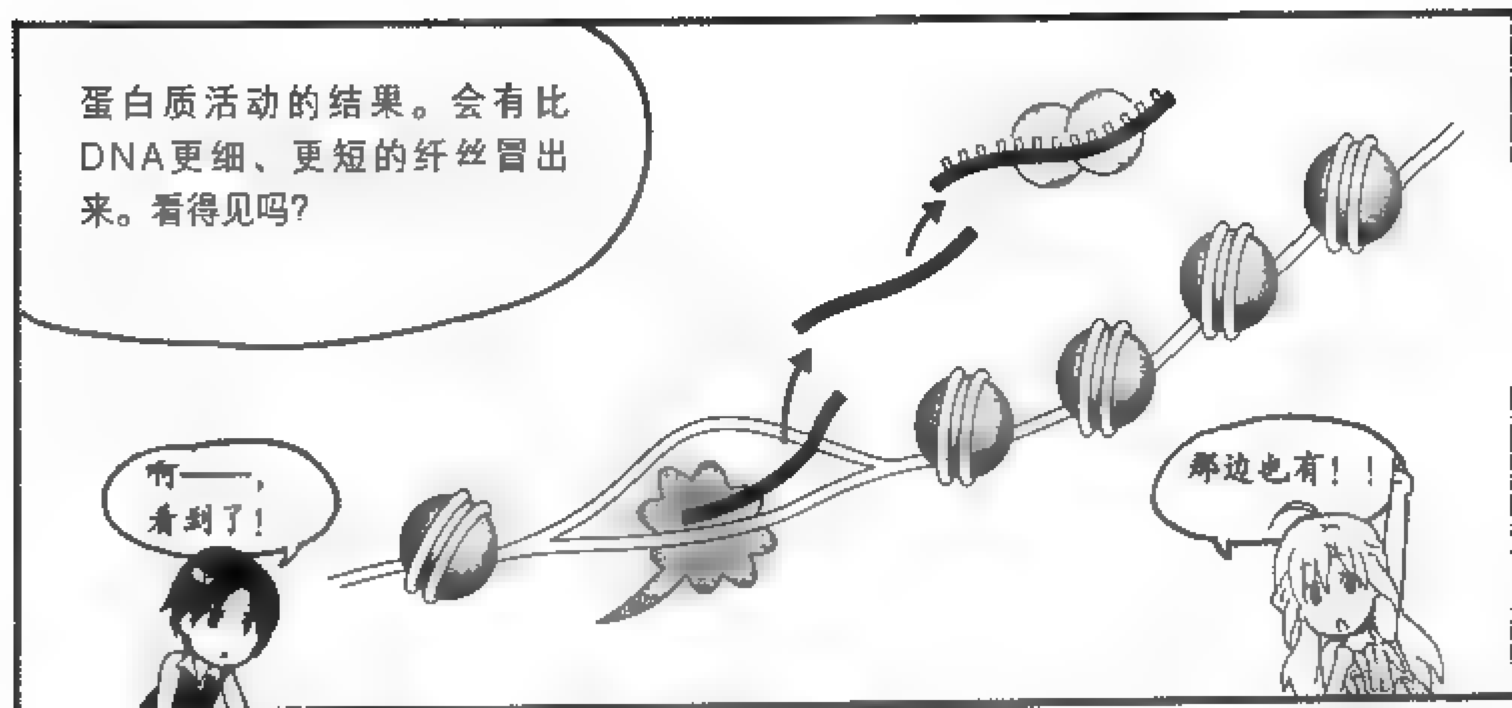
这……
这是什么！？

能看到一些细长的、纤维状物体吧？
它们排列的方式纵横交错。
这么多呀。
再走近些看看吧。
细长的纤丝
DNA缠绕在蛋白质上约2周*，形成“念珠”状构造
※准确地说应是17周。
好像有许多圆圆的“念珠”连接着。
这些“念珠”都是蛋白质。
能看到更细的纤丝缠绕在“念珠”的周围吗？
啊？真的吗？

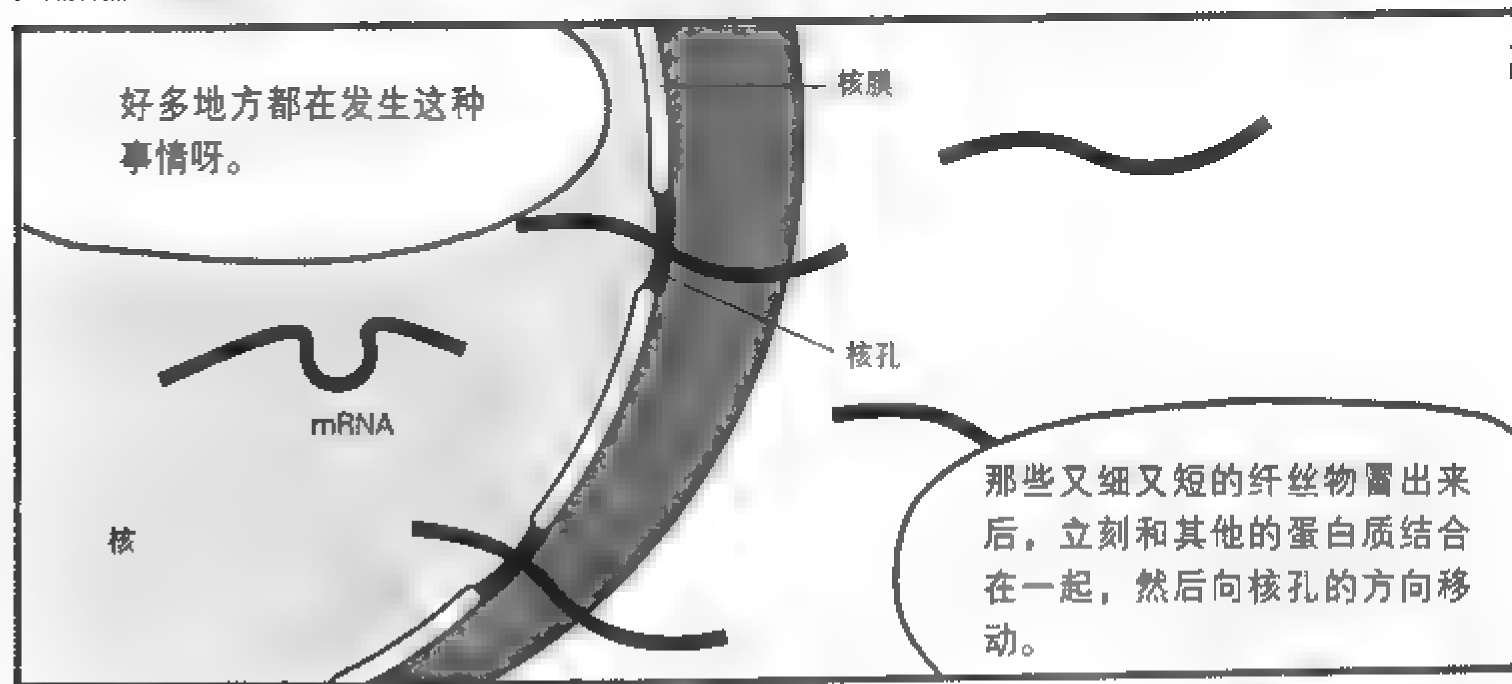

这些细长的纤丝就是DNA。
DNA缠绕在蛋白质分子上2周
形成一个“念珠”，
DNA
这些数不尽的“念珠”
就像线一样串在一起，
能理解吧。


线状DNA缠绕的“念珠”状蛋白
质叫组蛋白，其中的每个“念珠”
称之为核小体（后面详述，参照
P126）。


有些地方，这种“念珠结构”被解开，
还有一些其他的蛋白质在那里活动，能
看到吗？
核孔方向
RNA
解开的“念珠结构”
啊，
看到了！！
核孔方向



蛋白质活动的结果。会有比DNA更细、更短的纤丝冒出来。看得见吗?
啊——，看到了！
那边也有！！



好多地方都在发生这种事情呀。
核膜
核孔
mRNA
核
那些又细又短的纤丝物冒出来后，立刻和其他的蛋白质结合在一起，然后向核孔的方向移动。



向细胞质的方向移去，
就如同工厂生产的产品要运到外面去一样……



是的，这种细细的纤丝状物就是RNA。



刚才，我们说了基因是“蛋白质的合成图”，你们还记得吗?
差不多吧……

我们说过基因的本体就是DNA吧。

实际上，在DNA上记载有蛋白质的合成图。

如何记载的，我们后面再讲，现在只需要记住就行。

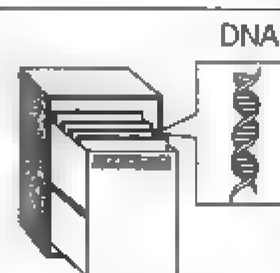
DNA是最基本的合成图数据库。RNA则是将DNA的必要部分进行转抄（转录），实际上它是合成蛋白质的“说明书”。

说明书？

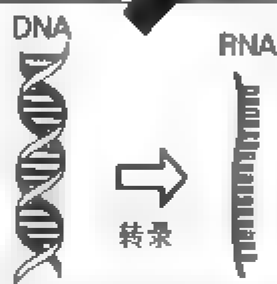
你想，我们做蛋糕时，用什么材料？如何配比？不都是按照说明书的要求去做的吗？

呵——

细胞将DNA上记载的基因转录到RNA这种分子上，然后转向细胞质——



DNA是最基本的合成图数据库



RNA是将DNA的必要部分（基因）进行转录，是进一步合成蛋白质的说明书!

说明书

蛋白质的合成方法

按说明书的要求生产蛋白质

蛋白质的合成

在蛋白质的合成装置——“核糖体”内生产蛋白质。

这个过程叫“基因的转录”。

怎么样？细胞核作为细胞“指挥塔”的理由应该明白了吧？

嗯……明白它的重要性了。

行，那就好。

老师！

等一下，门后君！！

哇——对不起，又有什么疏漏吗！？

不，不是，讲解得很好。

我只想稍微作些补充。


调控基因表达的蛋白质是细胞活动的主角，细胞核则对生产哪种蛋白质，不生产哪种蛋白质进行着非常严格地管理。
蛋白质


因此，细胞核被称为指挥塔是再合适不过了吧。
确实如此——
嗯——
？


春日亚美睡着了……
门后君，刚才的地方再讲一吧……
啊？
什么时候睡着的！？

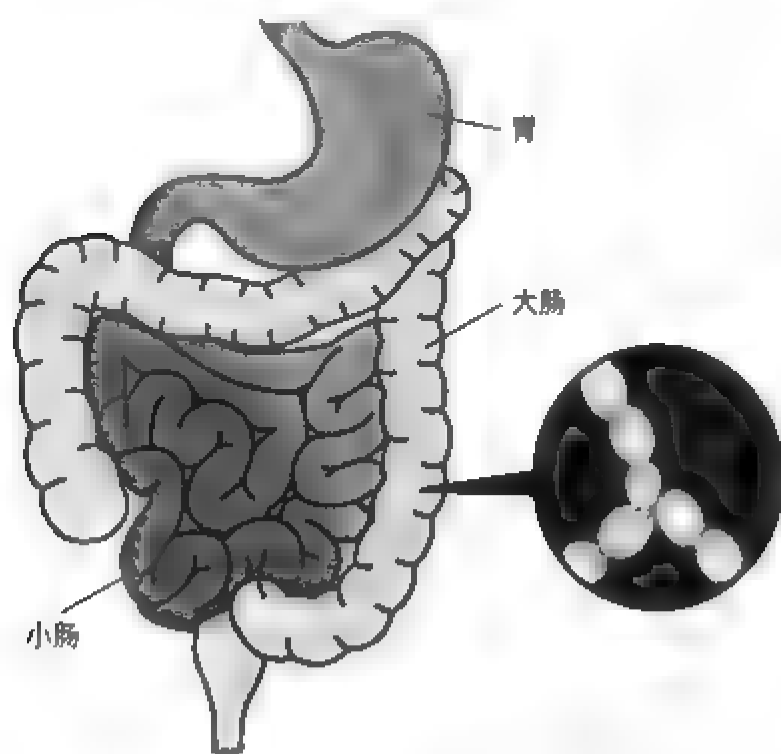
4 单细胞生物与多细胞生物

在这一章的开始部分，出现了“单细胞”这个名词，它最初是指生物的一种结构、形态。

所谓单细胞，是指单个的细胞，也就是指生物体由一个细胞所构成，形成的生物体就叫单细胞生物。

单细胞生物大多数是我们肉眼看不见的，因此会有人认为它们是一种离我们较远的生物，其实，我们的周围到处都是单细胞生物。

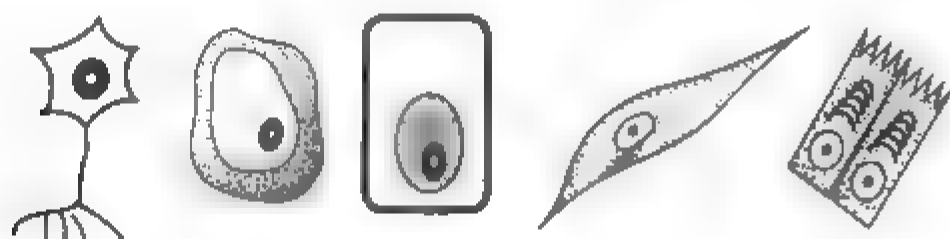
在我们的体内，就有着许许多多单细胞生物，其中典型的例子就是，在我们的大肠内蠕动的“肠内菌”。肠内菌是从我们吃的食物的消化残渣中摄取养分而生存的。正是由于它们的存在，才使外来的病原菌不能增殖。因此，我们与体内的肠内菌可以说是一种“互惠互利”的关系。



身边的单细胞生物——肠内菌

肠内菌是属于生物中细菌这类大家族中的一种。除此之外的单细胞生物还有草履虫、钟虫等被称为“原生生物”的物种。

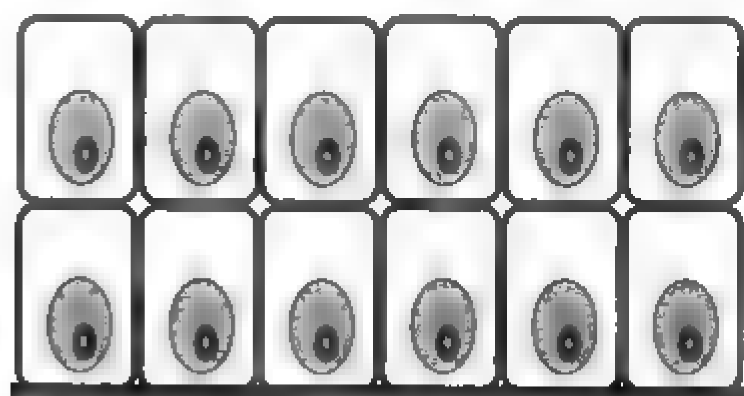
如果单细胞生物是指一个细胞形成的个体的话，那么“多细胞生物”就是由许许多多细胞组成的个体。我们人类肉眼能看到的几乎所有的生物，如樱花、藓苔、蜈蚣、狗，从小的跳蚤到大的象，都属于多细胞生物。虽说是许许多多细胞组成的个体，但也并不是种类相同的细胞简单堆积而成的。



不同种类的细胞

我们人体的神经细胞、胃细胞、皮肤细胞、白细胞等，它们的形态不同，功能也各异。

具有相同形态和作用的细胞汇集在一起，形成具有一定功能的集合就是**组织**。我们人类和动物是由上皮组织、结缔组织、肌肉组织和神经组织四大组织组成的。

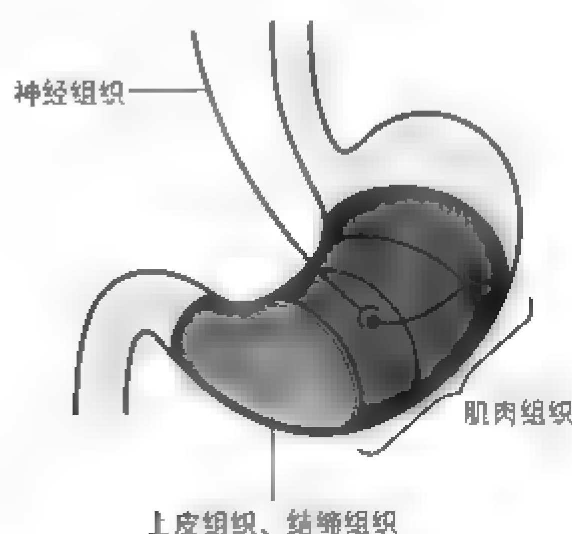


细胞汇集形成组织

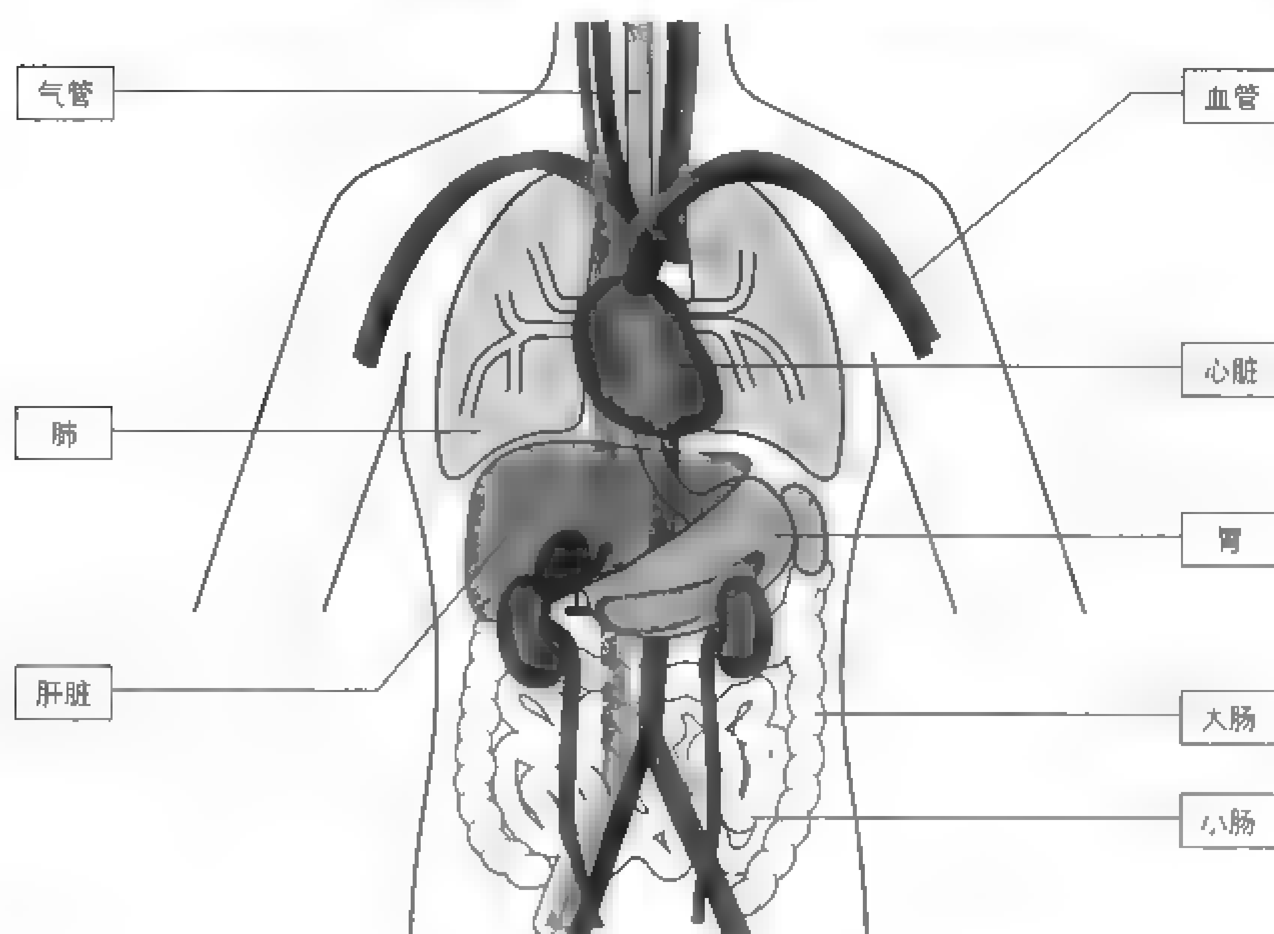
上皮组织	存在于皮肤和消化管等的内侧，是一种构成个体和脏器表面的组织。有扁平上皮、圆柱上皮、感觉上皮等多种形式
结缔组织	在组织、细胞之间起连接、粘合等作用，是具有多种功能的组织。皮肤下的纤维性结缔组织因含有大量的胶原蛋白而广为人知，除此之外，骨组织、软骨组织和脂肪组织也是结缔组织的一种
肌肉组织	顾名思义就是组成肌肉的组织。包括骨骼肌、心肌和其他内脏肌
神经组织	顾名思义就是构成神经的组织

这些组织进而联合，为完成一个相同的目的而形成器官。各种不同的组织形成各不相同的器官。

例如，消化器官之一的胃，是由四种组织联合而成的。



其他的器官也是如此，各种不同的组织汇集，形成具有不同功能的器官。



消化器官	胃、小肠、大肠、肝脏等
循环器官	心脏、血管等
呼吸器官	肺、气管等

生物体就是这样，由分子组成细胞，不同功能的细胞再形成组织，组织再组成器官，从而完成复杂的生命活动。

5 原核生物与真核生物

前面我们已经学习了生物世界的划分方法，即根据细胞的数量可分为“单细胞生物”和“多细胞生物”两大类。但是，还有一种划分生物世界的方法，那就是根据它们细胞中“核”的有无，将生物体分为原核生物和真核生物两大类。

核，是“细胞的指挥塔”吧，没有它还能行吗？也许您会有这样的想法，那就让我简单地说明一下吧。

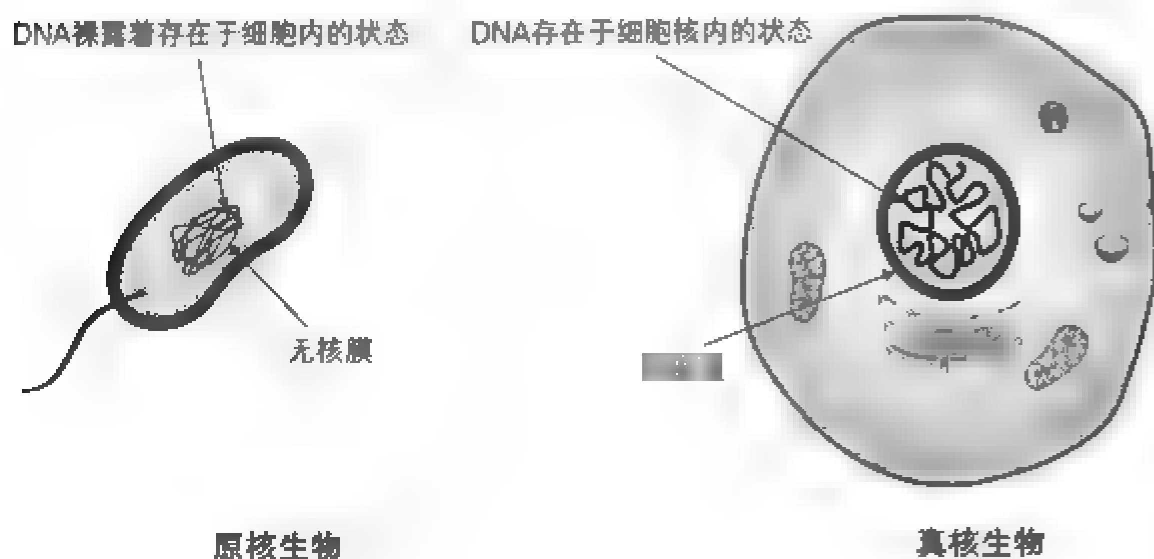
请思考一下，核为什么会是“细胞的指挥塔”呢？那是因为它们含有DNA，并控制着DNA上记载的基因的表达。

也许有人会认为，如果没有细胞核这种形式，而只有DNA，并控制让它能很好的表达就可以了。

没有细胞核，DNA是裸露的状态存在于细胞内，以这种细胞形式生存的生物就是原核生物。地球上的原核生物只有细菌。

细胞含有细胞核，核内有DNA，以这种细胞形式生存的生物就是真核生物。细菌以外的所有生物，包括所有的多细胞生物都是真核生物，单细胞生物中的草履虫等原生生物也属于真核生物。

根据细胞核的有无，而把生物分为“无核生物”和“有核生物”，是错误的。



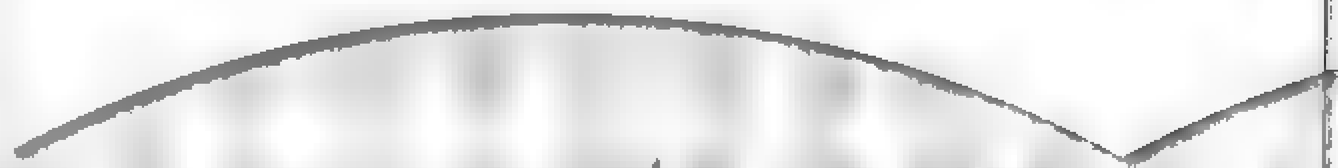
原核生物　　　　真核生物

我们说无细胞核，实际上在DNA的周围仍有核样的物质，它们形成不同的状态，具有类似于核的结构。换言之，就是有“原始性的核”，“原核”的名称就是由此而来。而与此相对应的是，具有细胞核的生物，是有“真实性的细胞核”的意思，因此取名为“真核”。

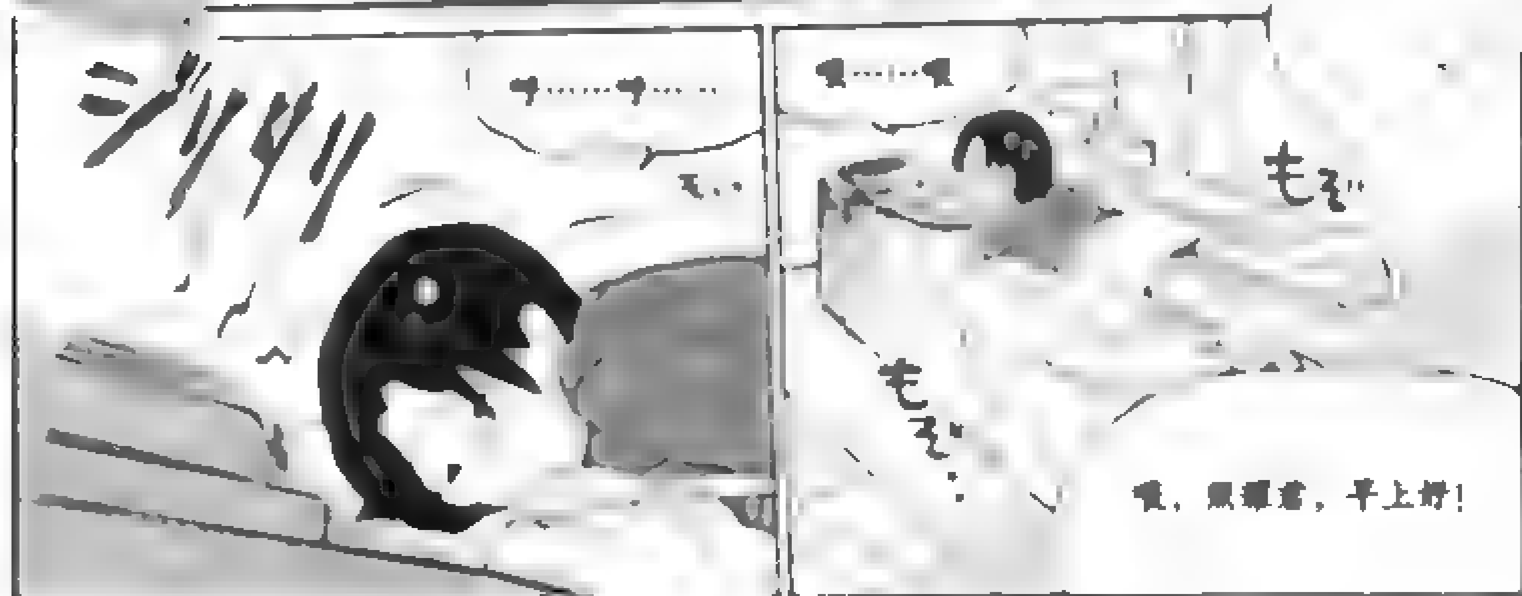
第 2 章

蛋白质与DNA



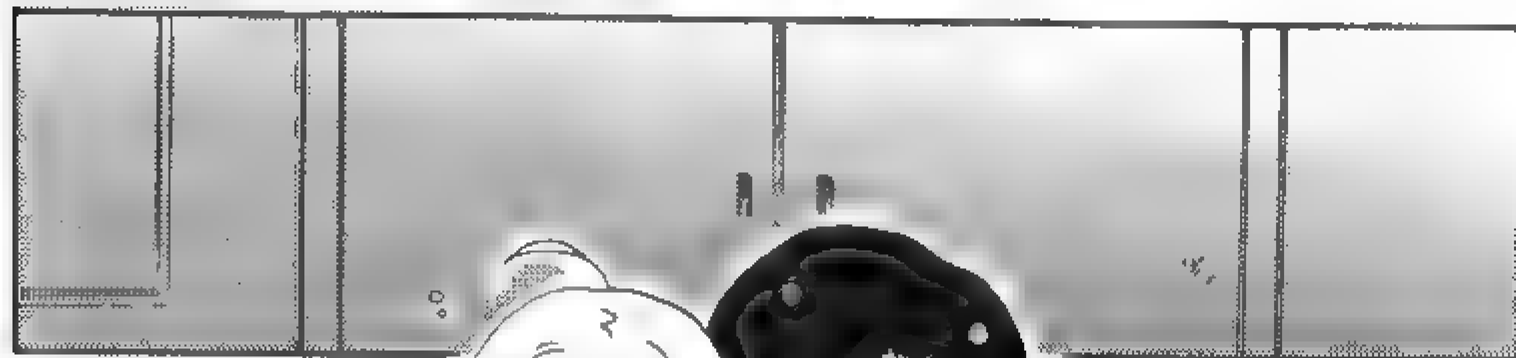



チュン
チュン

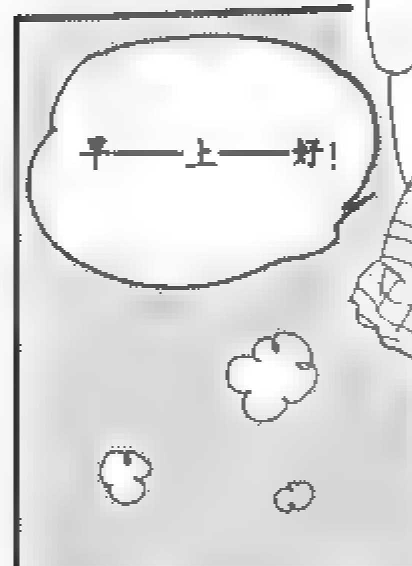

ジリリリ
もぞ
もぞ


早饭准备好了。


把亚美也叫起来吧。
要——
吃——
饭——了！？
哇，睡醒就吃，真好！




亚美、小玲，
早上好！


早——上——好！


真好，疲劳好像解
除了。
嗯！


那，我们开始吃……
稍微等一等！

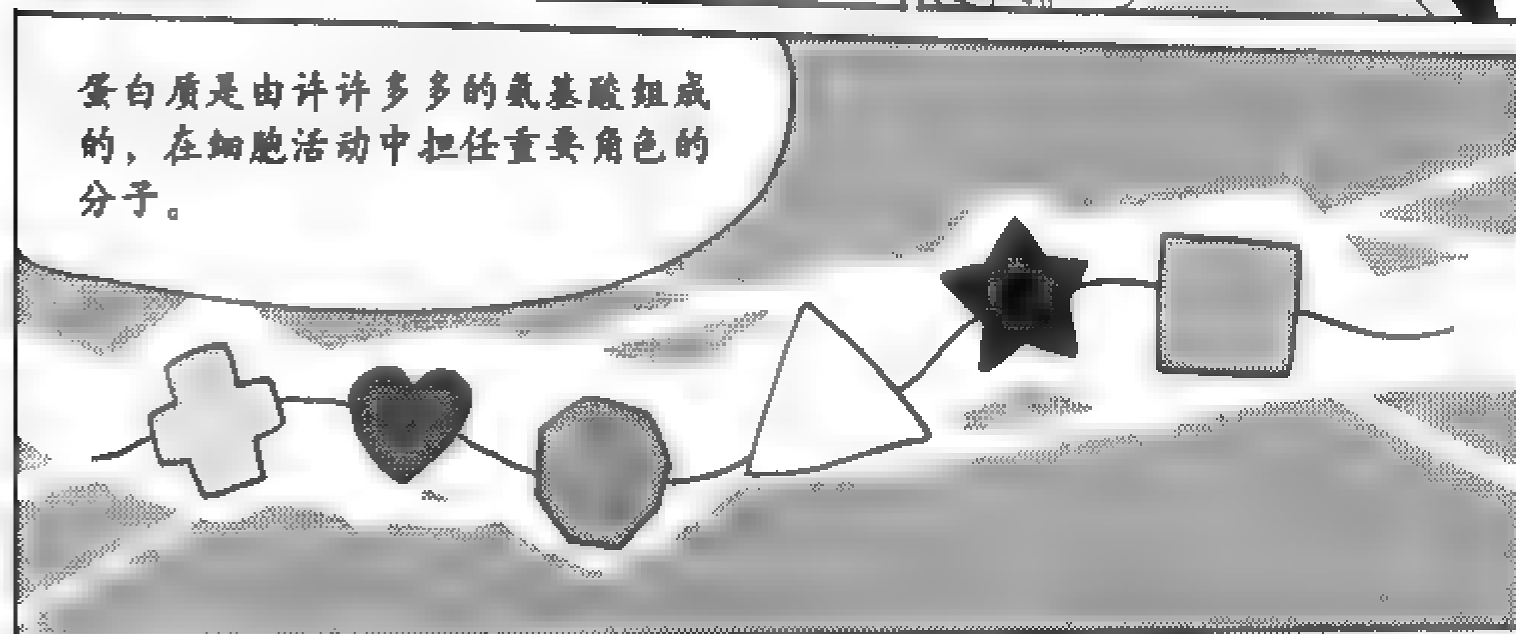

复习一下“五个关键词”吧，还记得吗？
呵……
ひっ


细胞、蛋白质、DNA、RNA、基因……
ばーん


正确！！完成得很好。
哇塞，你也太……
？
……
呵呵
①细胞
②蛋白质
③DNA
④RNA
⑤基因
昨天学习了“细胞”的内容，今天学习“蛋白质”和“DNA”的内容。







按基因记载的顺序排列。

氨基酸
（20种）

蛋白质

……→ 肌肉收缩（肌球蛋白）

……→ 酶

……→ 机体防御（抗体）

……→ 毛发（角质蛋白）

……→ 胶质（胶原蛋白）

等等

这些氨基酸的排列顺序在合成图上，也就是在基因上都有记载。

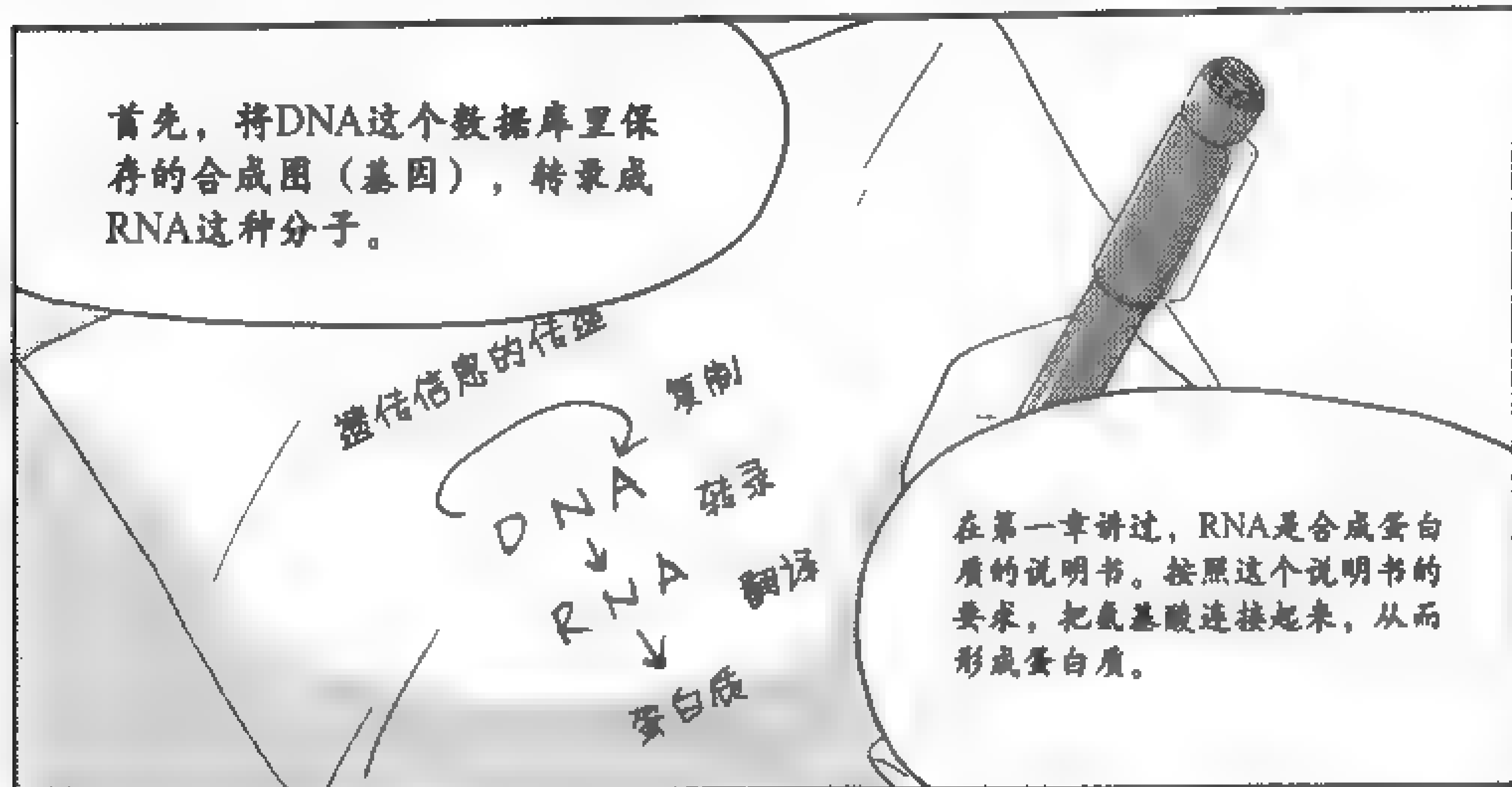
按照合成图的要求，氨基酸一个一个地连接起来，合成特定的蛋白质。



啊……
……???
怎么样，明白了吗？



把今天学习的内容全部归纳一下，就是这样。



首先，将DNA这个数据库里保存的合成图（基因），转录成RNA这种分子。
遗传信息的传递
复制
DNA
转录
RNA
翻译
蛋白质
在第一章讲过，RNA是合成蛋白质的说明书。按照这个说明书的要求，把氨基酸连接起来，从而形成蛋白质。



啊！？
没想到这么简单！！是吧，亚美？
我要吃米饭……



啊，对不起，可以吃了！
可以吃了！！

1 蛋白质是细胞活动的支柱

❖ 什么是细胞活动

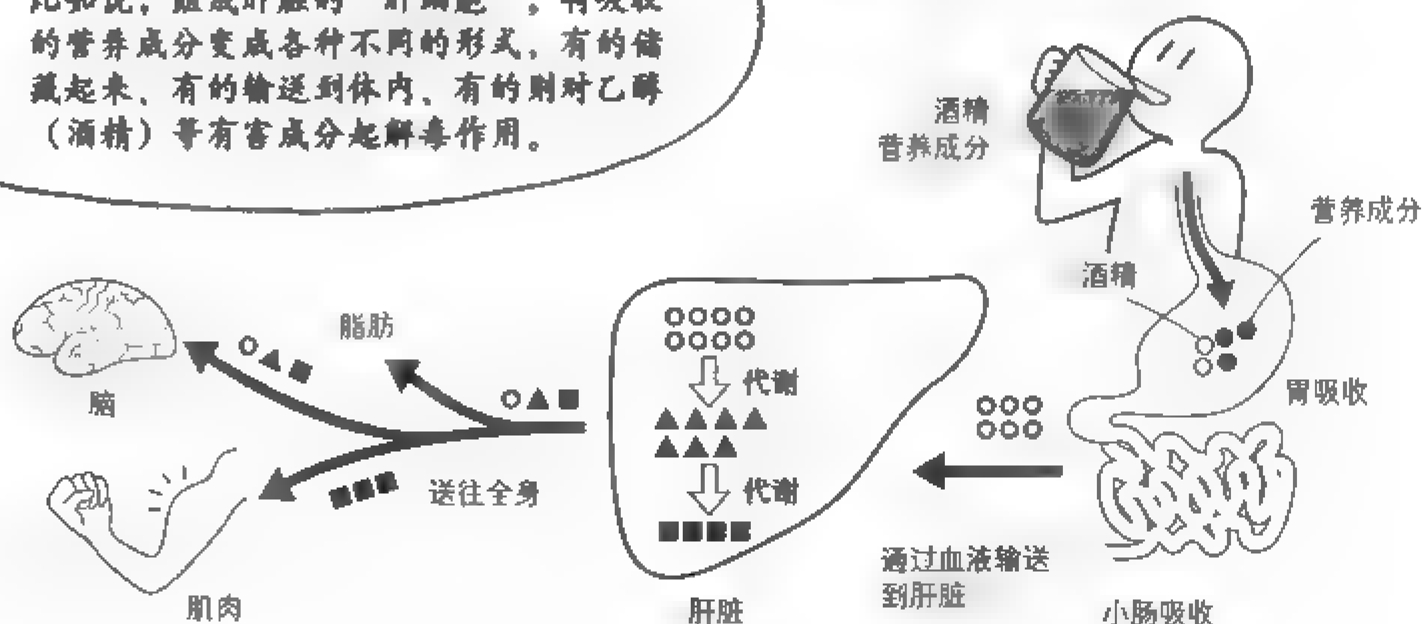
今天的课要开始了。

对不起……
有个问题。

怎么了，小铃？

昨天进入细胞内，学习了很多东西……
今后所说的细胞，都完全一样吗？

不，细胞不同，它们的活动也各不相同。



形成肌肉块的肌细胞，通过反复伸缩来调控身体的运动。

细胞不同，它们所起的作用完全不同啊……

确实如此，细胞的这种活动，是由接下来要讲的蛋白质来支配的。

蛋白质，是我们体内以及细胞内发挥重要功能的分子。

蛋白质如果不工作的话，我们的细胞就不能存活下去。

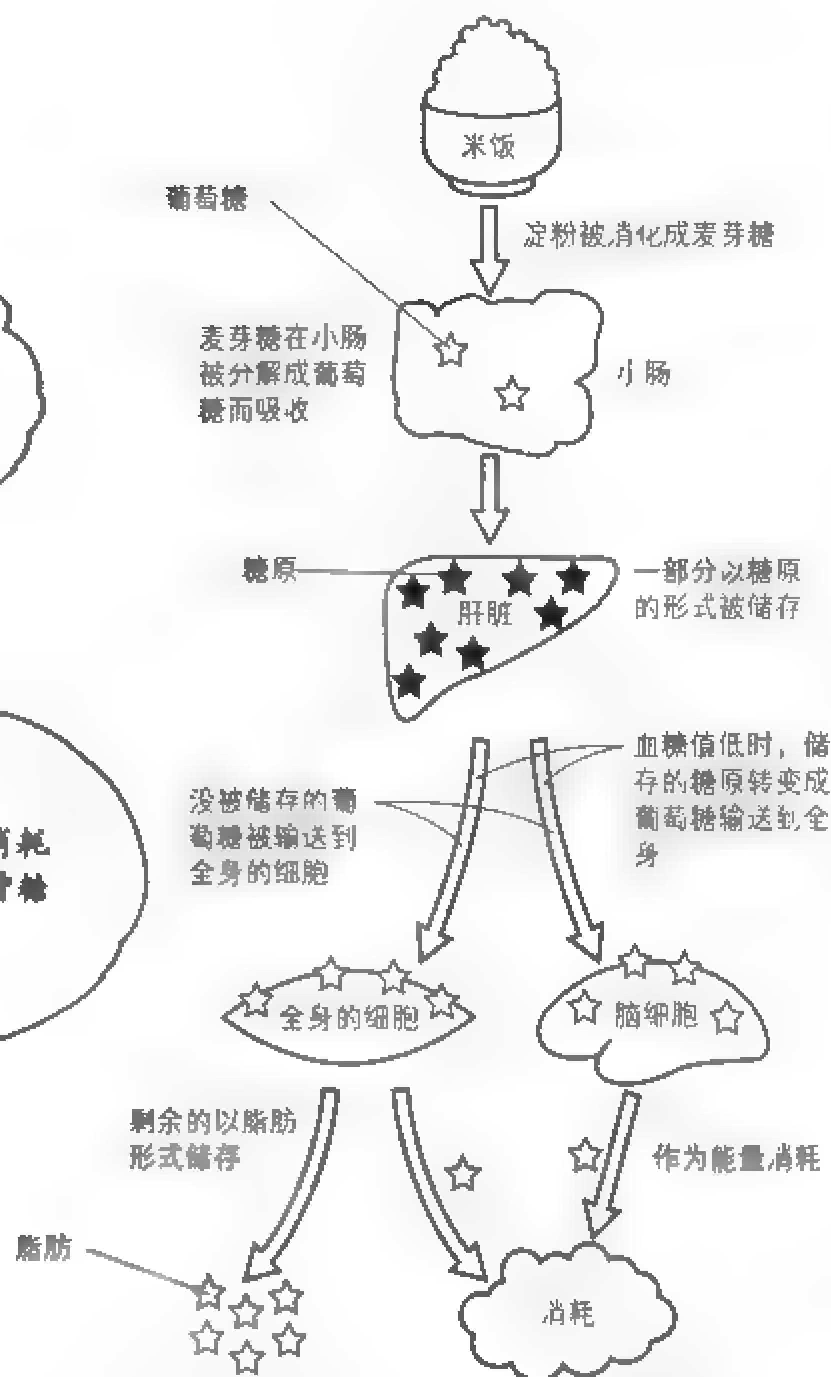
蛋白质只有很好地工作，细胞才会正常，可以这样理解吧。

那些支撑细胞活动的蛋白质到底是什么？

有兴趣了吧，现在咱们就去好好看看吧！

❖ 酶的作用！

首先，以喜欢吃米饭的亚美为例，谈谈身边的蛋白质的活动吧。



我们在思考问题、运动身体时消耗的能量，主要来源于葡萄糖这种糖类的分解。

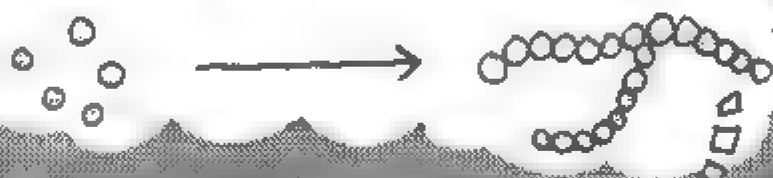
米饭、面食等含有的淀粉，被消化成葡萄糖而吸收，再供应到全身各处。

肝脏将一部分葡萄糖储存起来，以备需要时使用的功能。

实际上，储存的形式是"糖原"，而制造这种储存物质的也是蛋白质。

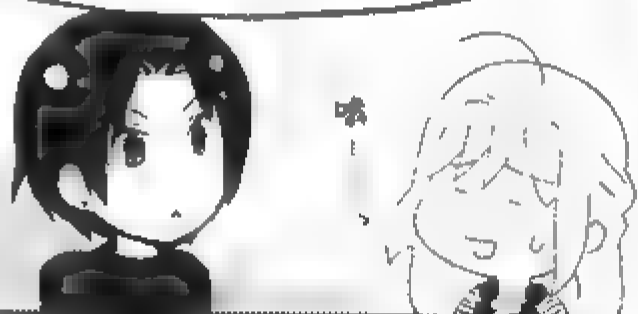
顺便说一下，糖原是由许多的葡萄糖连接而成的。不光在肝脏中，在肌肉细胞中也会有葡萄糖以糖原的形式储存起来※。





把葡萄糖比喻成大米，糖原就像是装有大米的米袋子。

肚子饿时，血液中的葡萄糖浓度，也就是血糖值偏低，需将糖原转变成葡萄糖，而完成这项工作的也是蛋白质。



糖……糖原，
葡…葡萄糖，

照耀君！！
亚美的脑容量到极限了！！

啊！？

接下来，到微观世界演示器去，看看蛋白质的活动情况吧！



把葡萄糖输送到大脑去！！

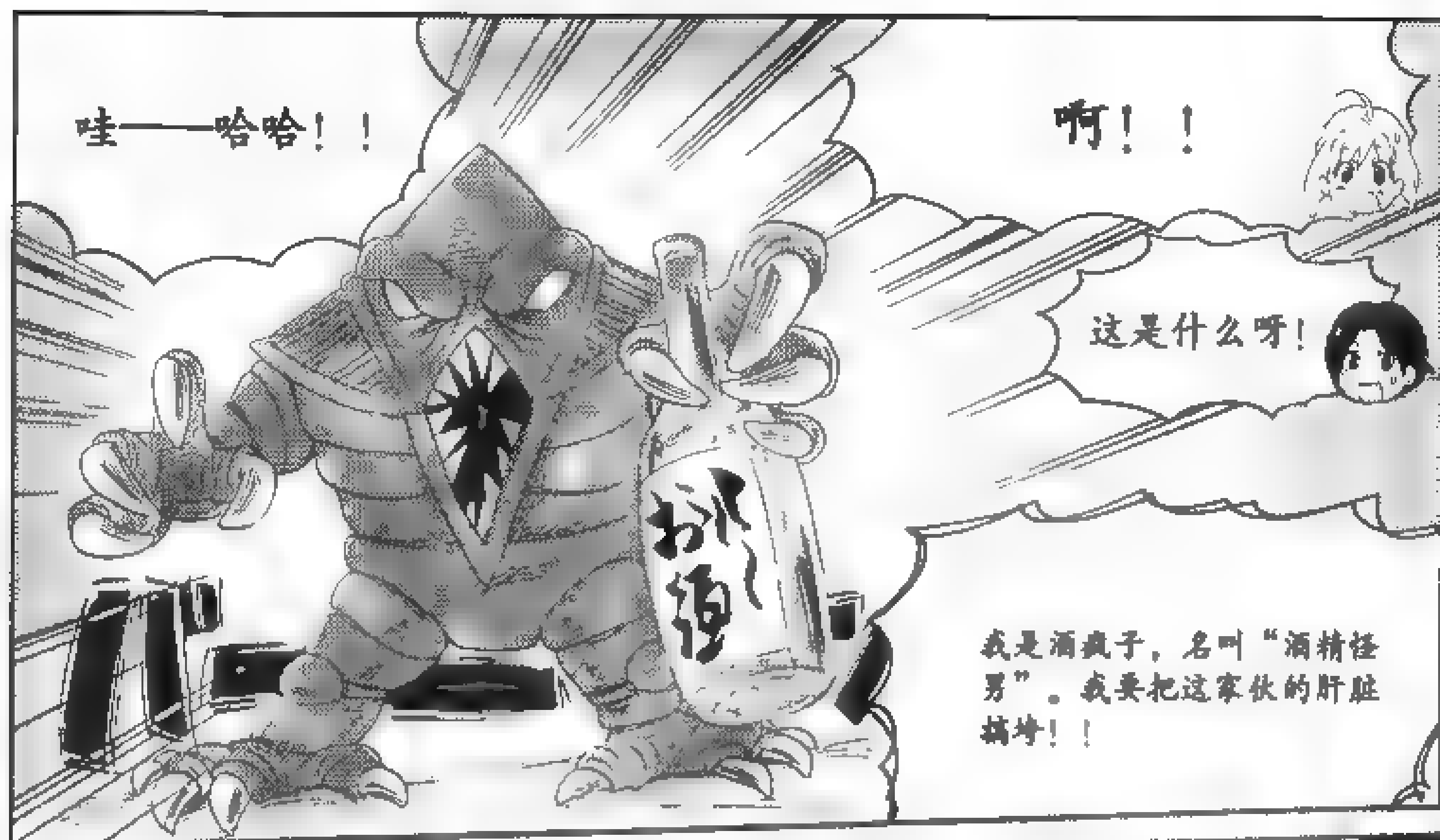


※动物几乎所有的细胞都能储存糖原，特别是肝脏和肌肉里储存较多。

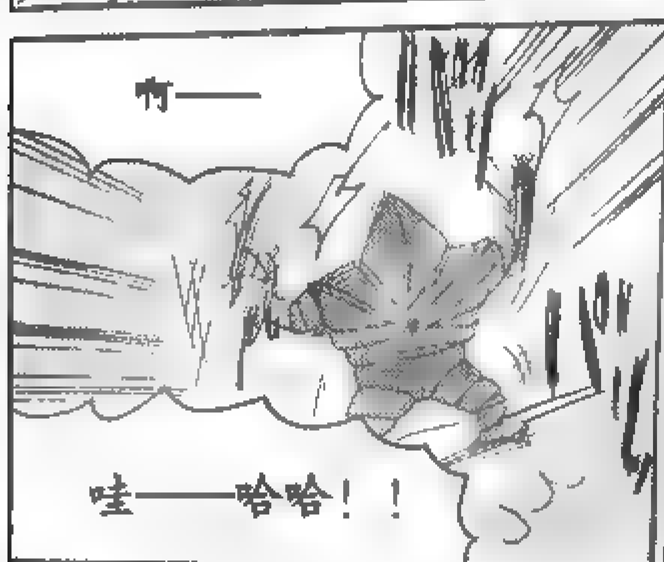

哇塞！
这是哪呀！？
这是肝脏内部。
啊，这是谁！？


这是我的名片。
肝脏负责人
只野蛋白质


啊……是只野蛋白质呀，请多关照。
听说蛋白质很伟大，而且你们到处都有。
是啊……蛋白质反正不是什么稀奇的物质。
活着就应该做点事嘛。
这个……



啊！！
哇——哈哈！！
这是什么呀！
我是酒疯子，名叫“酒精怪男”。我要把这家伙的肝脏搞垮！！



啊——
哇——哈哈！！



酒精怪男的爪子毒性很强，这样下去的话，这个人的肝脏就很危险了。
不好！！
快想想办法呀！！



那就让我来吧。
要像个男子汉，给我们女生做个榜样！！



没……没关系的。
我……



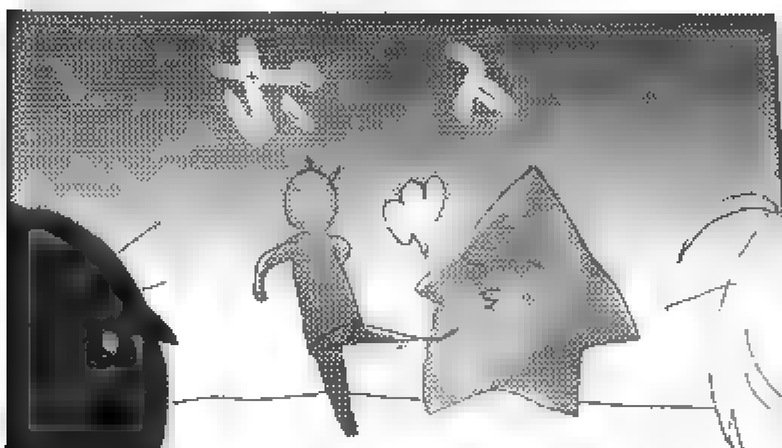
蛋白酶人能在千分之一秒内废掉它的武功！
关于这方面的说明，由于篇幅的原因就省略了……

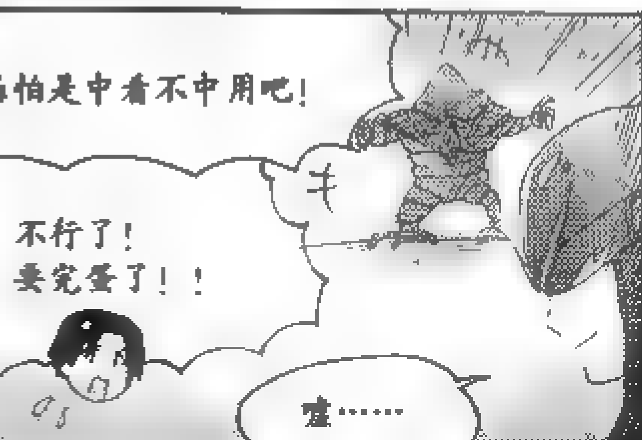












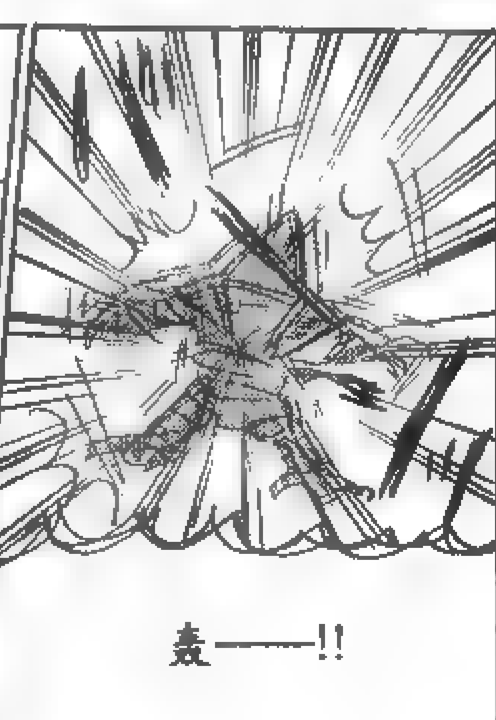

果然不出我所料。
嗯！？


爪子呢？
说明一下!! 肝脏具有解毒的功能，就是因为有蛋白酶人的存在。

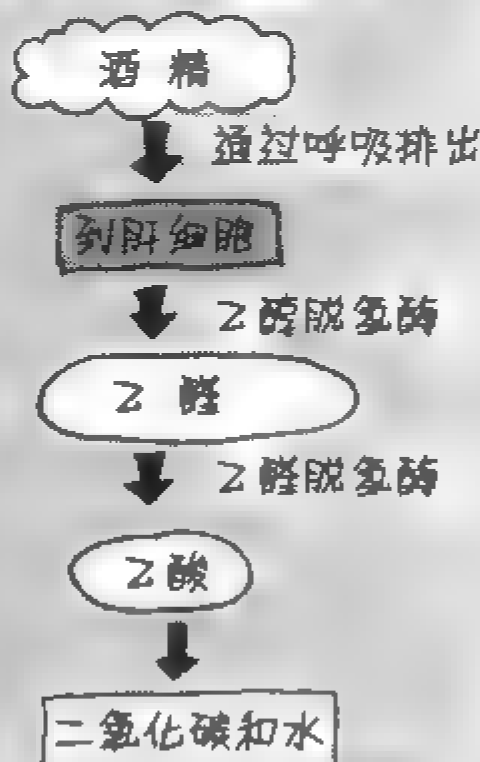

我……我要让你的身体变成乙醛。
不行，要阻止它!!
兄弟们，上!!


哇——!!
啊……总算有些明白!!


给我上!!
乙醛脱氢酶!!
哇——!!


轰——!!

说明一下，酒精能被蛋白质转变成乙醛，并可进一步被其他蛋白质转变成无毒性的乙酸！！



这些都是蛋白质作为酶促进的化学反应！！

酒精这小东西表面看不像是有害的！！

谢谢你蛋白酶人！！

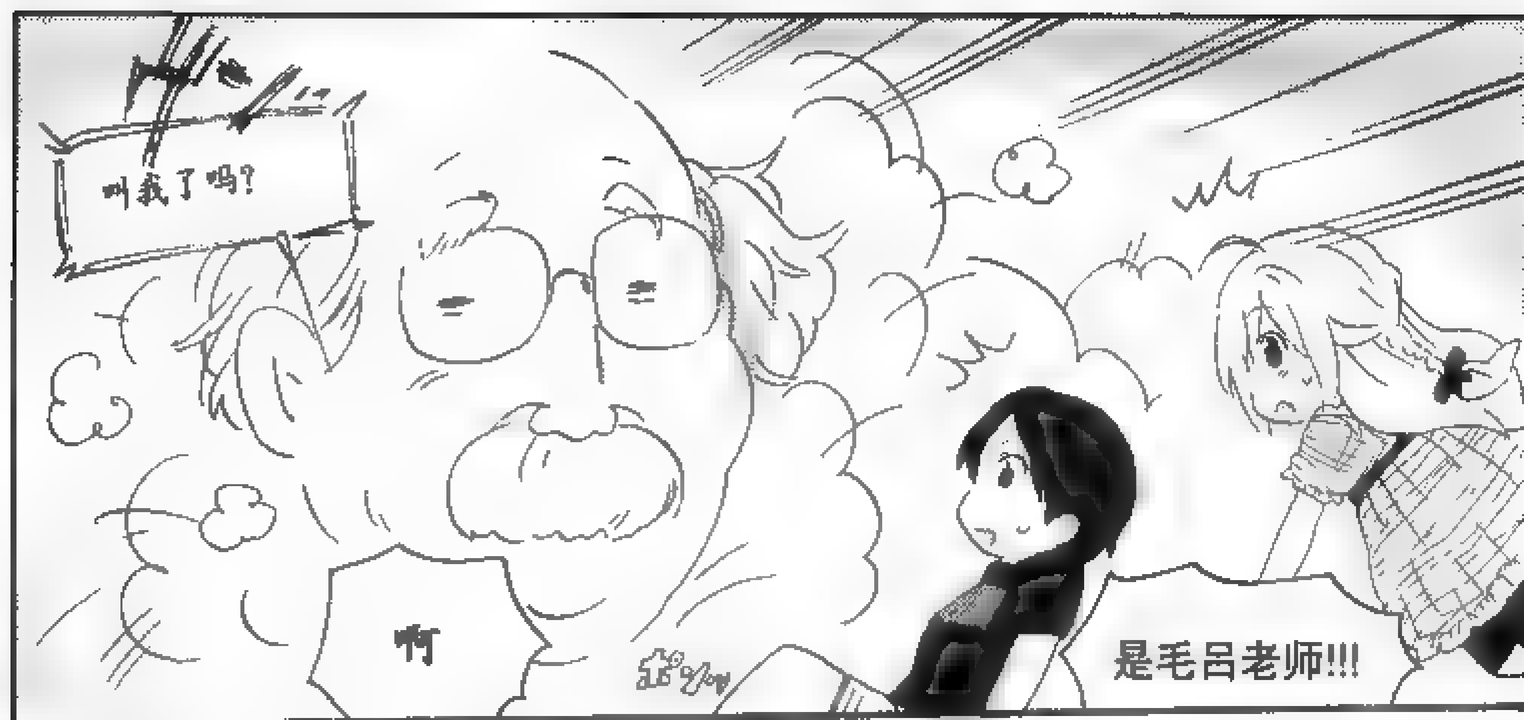
不必客气，我只是为保护肝脏尽一点力。再见！！

暂且解除了肝脏的危机，但在我们生物体内，还潜伏着许多其他的有毒物质。

加油呀，蛋白酶人！！

BGM

真棒！！解说的人，请出来吧！！


叫我了吗?
啊
是毛吕老师!!!


毛吕老师啊!!
体验了几个演示器,我们有点兴奋过头了!!


但是,蛋白质作为酶所发挥的作用,它的能力你们要明白!
嗯……是的。


其它的由门后君来补充吧!!
哇!
啊!



❖ 以酶的形式工作的蛋白质



蛋白酶是对某些化学反应起促进、加速作用的一些蛋白质。当然在我们体内有几万种蛋白质，但他们并不都是酶。我们在后面会说明，像能维持身体结构的胶原蛋白、在免疫反应中对入侵细菌起抵抗作用的抗体等，都不是蛋白酶。

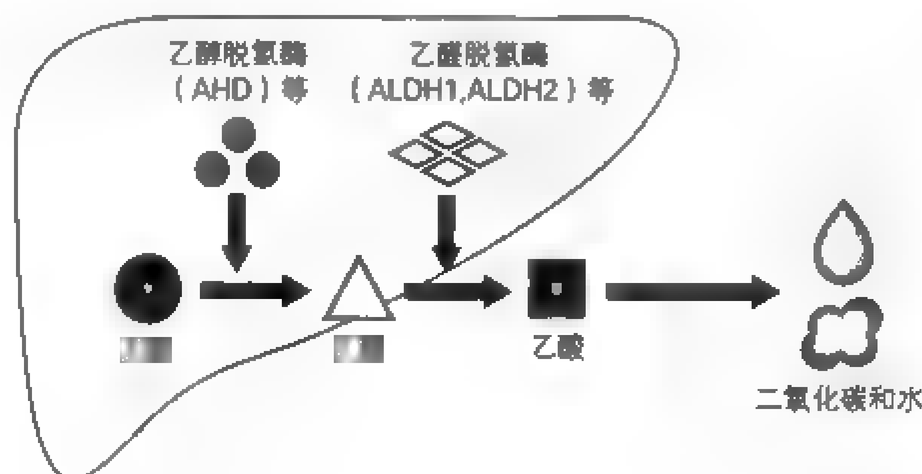
消化、吸收、分解、DNA的复制等，这些细胞内外的各种活动，通常都涉及很多化学反应。在不同的化学反应中，与其相对应的酶各不相同，这些酶发挥的功能也各不相同。蛋白酶就是**催化剂**，或者叫**生物催化剂**。



那么，蛋白酶的作用就是起催化的作用吧！



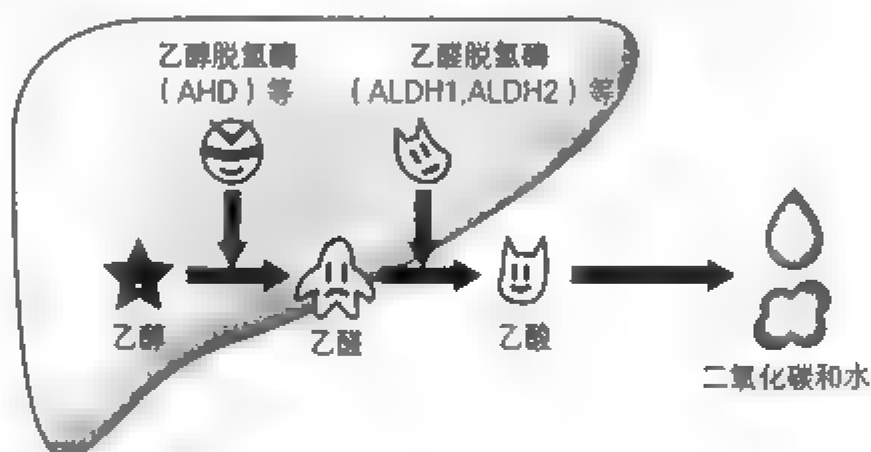
附带说一下，对葡萄糖起储存作用的蛋白质、对乙醇（酒精）起解毒作用的蛋白质都是酶。将葡萄糖转变成糖原储存起来的蛋白酶叫“糖原合成酶”，将乙醇分解成乙醛的蛋白酶叫“乙醇脱氢酶”。





复习一下刚才讲的酒精怪男的事例，乙醇（酒精）在肝脏中被分解，先是生成乙醛，乙醛再进一步被分解成乙酸，不同的阶段由不同的酶来完成。

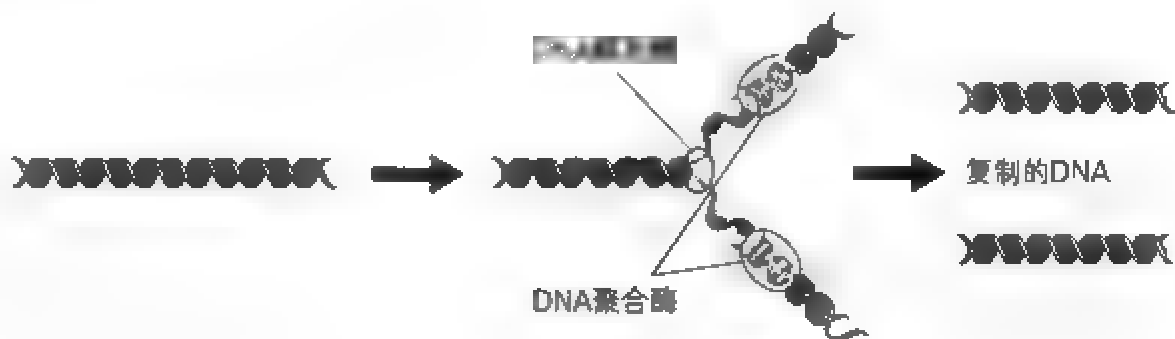
还记得吗？将乙醇分解成乙醛的是“蛋白酶人”在起作用，也就是乙醇脱氢酶；而将乙醛分解成乙酸的则是“他的伙伴”，也就是乙醛脱氢酶。这些不同的酶对应不同的反应，分别起不同的作用。



❖ 以酶的形式工作的蛋白质之二



在细胞分裂时，蛋白质是不可或缺的。细胞在分裂成2个子细胞之前，核内的DNA必须复制成双份才能平均地分配到2个子细胞中去。DNA在复制成双份的反应过程（称为DNA复制）中，仍然需要以酶的方式工作的蛋白质来完成。





另外，一个细胞分裂成两个子细胞时，细胞的中部缩紧，细胞呈哑铃型。而调控这一结果的蛋白质，就像纤维网一样控制整个细胞的收缩，使细胞发生分裂。

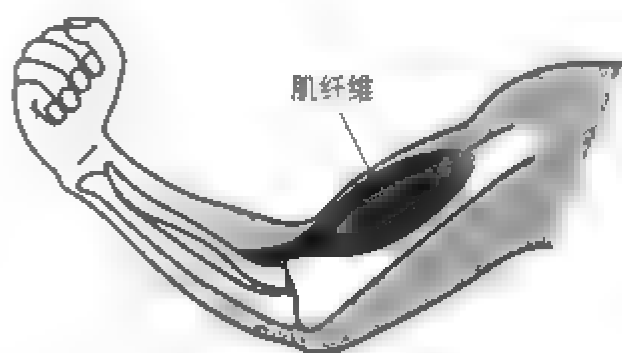
❖ 蛋白质在肌肉收缩中的作用



吃早饭的时候，照耀君问过我，蛋白质在“肌肉块”里是如何发挥作用的?

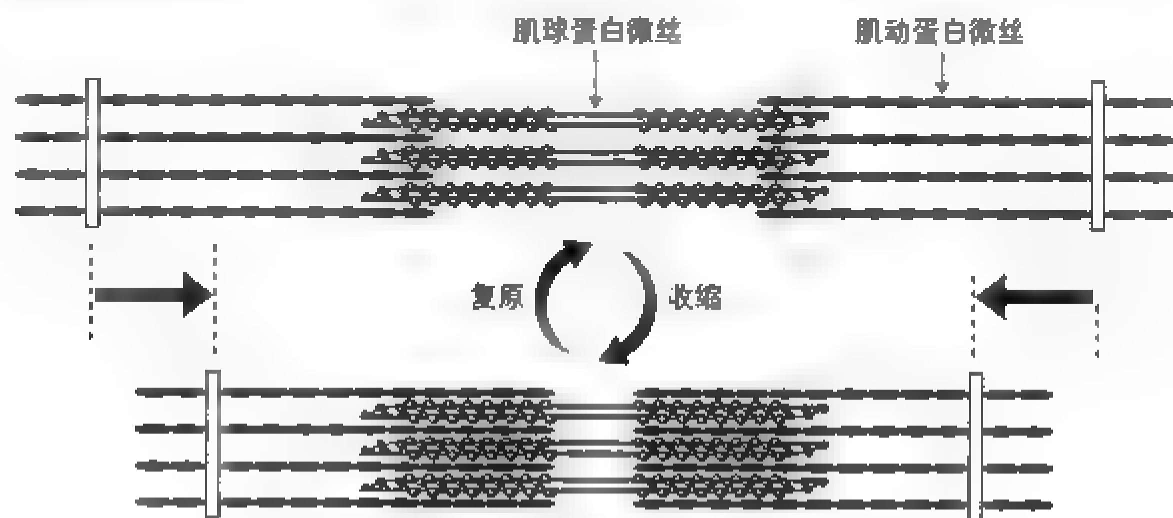


问的好。像“肌肉块”这样的肌肉是由许多肌细胞（肌纤维）聚合而成的束状组织。





肌肉主要是有肌动蛋白和肌球蛋白这两种蛋白质，它们分别形成两种细长的纤维，即肌动蛋白微丝和肌球蛋白微丝。肌肉收缩就是这两种蛋白微丝相互滑动的结果。

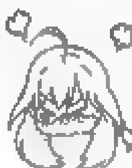




总之，在肌肉里，蛋白质起到化学反应催化剂的作用是不言而喻的。同时形成肌肉，以及主宰肌肉运动的也同样是蛋白质。



仔细想想蛋白酶人，他毕竟是帮助肝脏工作的配角。



小玲！如果你这样说的话，那蛋白酶人就太可怜了吧！



啊！？对……对不起！有关酶人的话题就讲到这吧！

❖ 归纳蛋白质的主要功能



蛋白质除了以上功能之外，还与细胞的运动直接相关。我们体内有数万种甚至十几万种的蛋白质，他们有的负责控制化学反应（如酶）、有的负责运输氧气和营养、有的负责肌肉收缩、有的负责维持机体的恒长性（如激素）、有的负责机体防御（如抗体）、有的负责维持机体的结构（如胶原蛋白和角质蛋白），它们各自都能很好地完成各自份内的工作。

归纳蛋白质的主要功能如下：

- 控制化学反应（如酶）
- 肌肉收缩
- 运输氧气和营养
- 维持机体的恒长性（如激素）
- 对微生物等的防御（如抗体）
- 维持细胞的运动、形态
- 维持机体的结构（如胶原蛋白和角质蛋白）等



正是由于它们的工作，才维护了人体基本的生命活动。



蛋白质真是伟大呀……



是啊。正是由于蛋白质的不停工作，才使我们的机体运转正常。



也就是说，正是由于蛋白质中的蛋白酶人与坏人搏斗，才保证了我们过着平静、健康的生活喽！？



是的！？



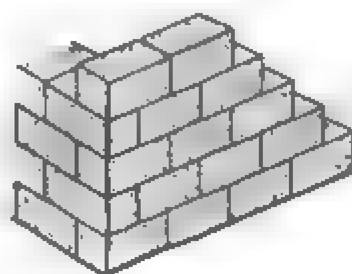
明——白——了！

② 组成蛋白质的成分：氨基酸

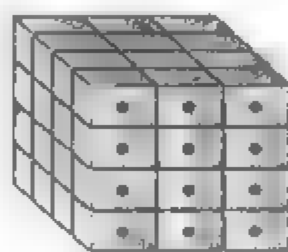
❖ 蛋白质是由许许多多的氨基酸连接而成的



在第1章中已经讲过，生物机体是由细胞组成的。细胞汇集形成组织，组织再汇集组成器官，从而形成生物机体。这有点用砖头垒积起来盖房子的感觉。



立体垒积起来的砖头



形成组织的细胞



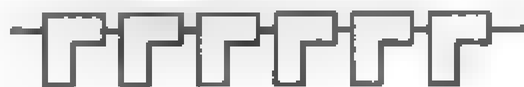
蛋白质是由一个一个的氨基酸分子连接而成的。







如果说……蛋白质是由氨基酸连接而成的话，那是因为DNA也是由核苷酸这种物质连接而成的。



核苷酸连接而成的DNA



这么说细胞也好、蛋白质也好，它们都是这样的啦！？



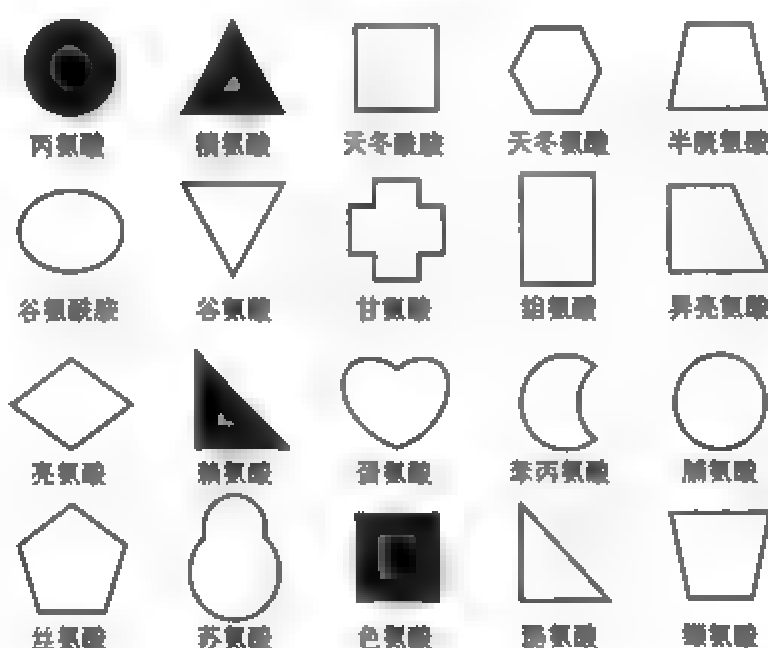
不对，细胞与它们比有很大的不同。细胞是立体垒积起来形成机体的组织，而氨基酸是横排相连，形成了线性的蛋白质。



如果把细胞比作砖头的话，那么氨基酸就好像是串珠或珍珠项链一样，形成线性的连接。



是这样的。另外，生物体合成的蛋白质是由以下20种氨基酸组成的。

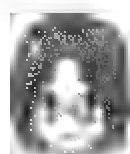




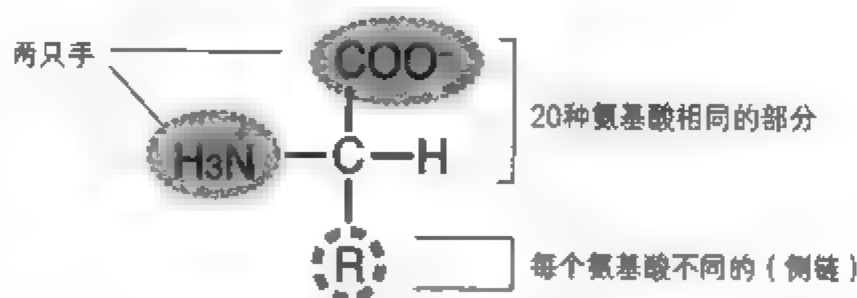
氨基酸的20个种类



氨基酸，就是运动饮料中常含有的东西吧！氨基酸有20种，将它们按规定的顺序排列的话，就是一个特定的蛋白质吧。

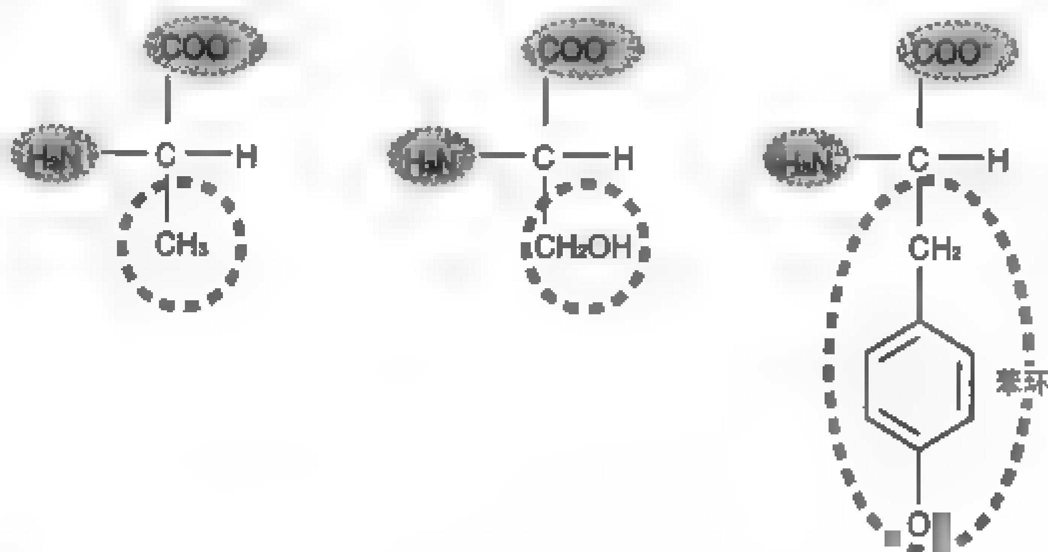


氨基酸的种类实际上更多，但能合成蛋白质的氨基酸仅限于这20种。我们看看氨基酸的构造吧。如下图所示的化学结构式，在20种氨基酸中，都有相同的部分，也有不同的部分。





在上图中，用Ⓡ标记的部分被称为侧链，它是在20种氨基酸中各不相同的部分。Ⓡ，也就是侧链，从一个单纯的氢原子，到类似“龟背”的苯环，中间要经过20种复杂的变化。





这20种氨基酸，使用图中的“H_3N^+”和“COO⁻”两只手的话，连接起来就会很长，氨基酸顺序不同、个数不同，就会形成不同种类的蛋白质。

❖ 改变一个氨基酸，就会发生大事情！



问的有些突然，你们知道人的血液为什么是红色的吗？



那是人的魂魄，就像蛋白酶人一样，是在为正义而燃烧！



不是吧！怎么又把蛋白酶人给扯出来了……



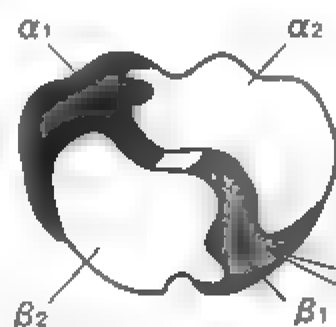
正确的答案是，血液中含有许许多多呈红色的血红蛋白。红血球中大量与氧结合的血红蛋白，具有负责将氧输送到机体内细胞中去这一重要的功能。细胞获得这个氧后，就能产生能量。而血红蛋白由于含有铁，因此呈鲜红色。



不过照耀君，为什么突然将话题从蛋白质转移到血液上了呢？



血液中的血红蛋白，它的主要成分其实就是蛋白质。不过，与普通的蛋白质不同，如下图所示，血红蛋白分别含有α和β两种蛋白各2个，从而形成4聚体。像这样，每个蛋白质称为一个亚基，因此组成血红蛋白的有两种亚基，它们分别是由20种氨基酸，按规定顺序排列而成的。



血红蛋白

被称为α链的亚基有2个
被称为β链的亚基有2个

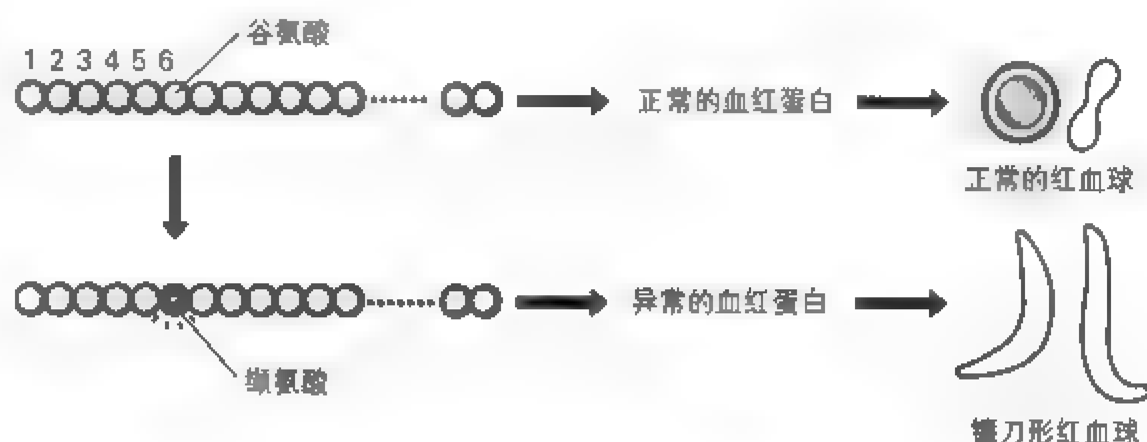
每个亚基都是按

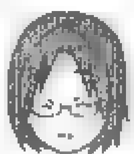


这一氨基酸规定的顺序连接起来的长链。

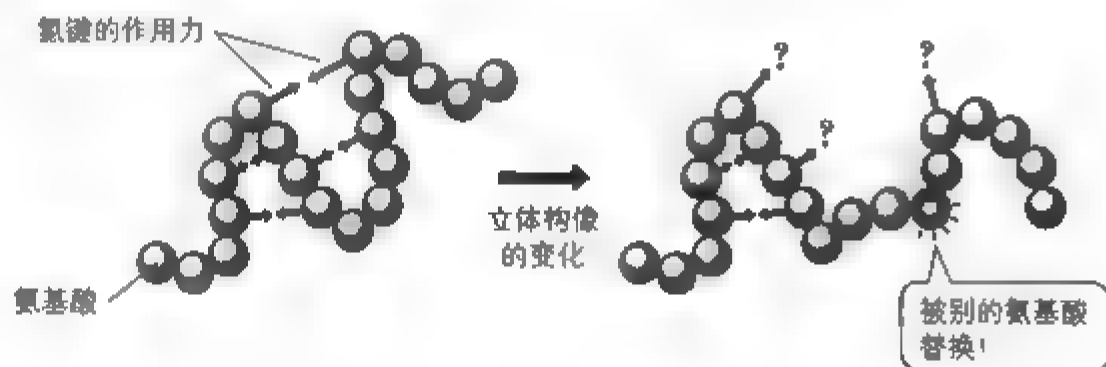


连接的氨基酸其中一个发生突变，就会发生大事情。例如，血红蛋白β链亚基中的第6位谷氨酸，发生突变成缬氨酸的话，血红蛋白的形状会发生异常，它将不能正常运输氧，产生贫血。红血球也会发生变形，变成细长的“镰刀形”（镰刀形红血球）。





氨基酸以什么样的顺序排列也很重要。为什么呢，因为不同氨基酸具有不同的侧链R，它们所带电荷所引起的静电作用力以及氢键、疏水键等作用力都有差异，这些作用力的均衡决定了蛋白质的分子结构（立体构像）。也就是，只要1个氨基酸被别的氨基酸替换，就会改变蛋白质的分子构像。



③ 蛋白质的合成图：基因

❖ 只要确定了排列顺序



虽然明白了，不过为什么生物体的氨基酸总能按相同的顺序排列合成一种蛋白质呢？

如果出错的话，就会合成其他的蛋白质了吧？

问得非常好。

ニコッ

如果是你们俩，为了不弄错顺序会想什么办法？

氨基酸A

氨基酸B

嗯……，为了不忘记氨基酸的顺序，我会把它们写在纸上，然后粘在墙上！！

想得太简单了……，如果是我的话，就给每个氨基酸安排负责人，让负责人搬运同一种氨基酸。

我是负责搬运氨基酸A的！

氨基酸A

氨基酸B

我是负责搬运氨基酸B的

把你们两人说的综合起来，就是细胞中的实际情况。

什么啊——

别自作聪明了！！
为了不出错，就应该把顺序写在纸上，粘在墙上……

是真的，亚美的想法比较单纯，也许正因为如此，才和自然界的情况相吻合吧……

有超能力的“自然妞”……呵呵

❖ 想不到合成图就在那里

“纸”上写有氨基酸的顺序，那也就是蛋白质的合成图。

不准叫我“自然妞”——

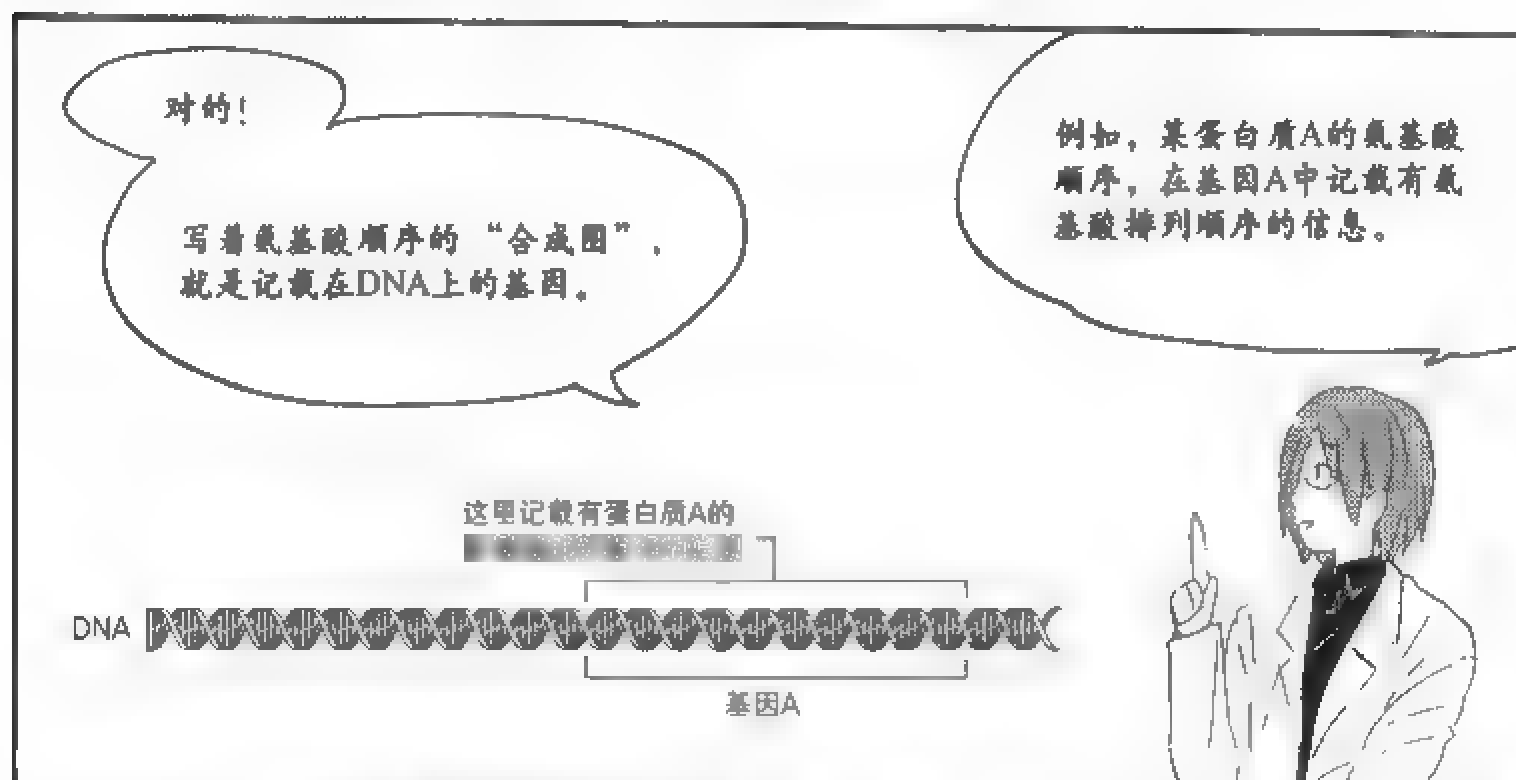
前面讲过合成图的事，还记得吗?

是基因！！

正确！！
那么基因是记载在什么上?

那——是DNA?





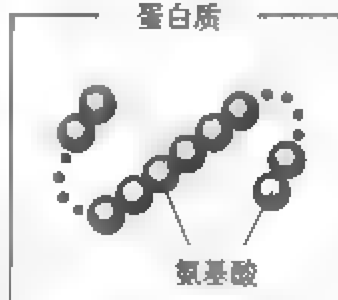
❖ DNA上记载着氨基酸顺序的信息

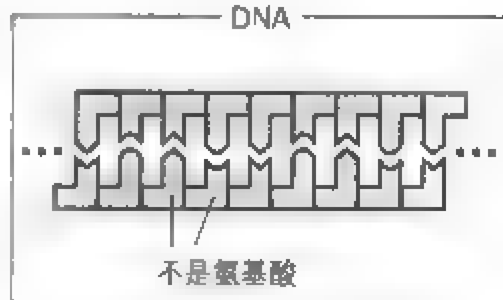


如果要说的话，那就是“DNA语”。

DNA语！？

蛋白质是由氨基酸连接而成的，但DNA并不是由氨基酸组成的。





DNA上有 DNA特有的语言文字，它们决定了氨基酸的顺序。

DNA上这个特有的文字顺序就是“密码”。

DNA文字 —翻译→ 蛋白质的氨基酸序列

合成蛋白质的工厂——核糖体，能很好地识别这些密码，按一定顺序翻译成氨基酸，从而合成蛋白质。

有关这方面的内容，我们将在第4章学习。现在往前进行吧。

4 DNA与核苷酸

❖ DNA长链是双螺旋的

在这，我们观察一下DNA到底是什么形状吧。

呀。

这是……哪呀？

细胞核内吧！！

是的。

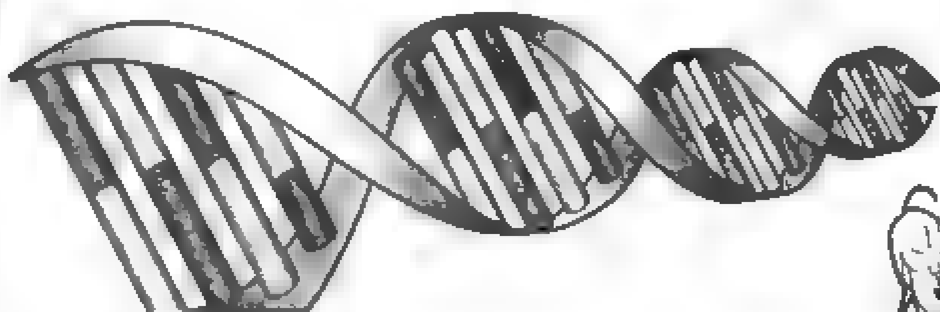
还记得缠绕在蛋白质分子上的DNA吗？

这次咱们更近点去看看吧。

仔细看，DNA有点像弹簧的形状……

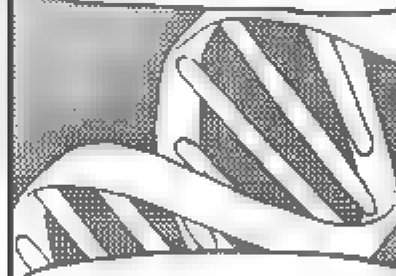
两条链反转曲折着……

















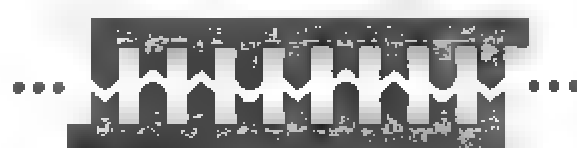
❖ 组成DNA的成分是核苷酸







这些分子，就是组成DNA的原材料，被称为核苷酸。



DNA的原材料

核苷酸









正式名称就是“脱氧核糖核苷酸”。叫起来有点麻烦，因此简称为核苷酸。



即使叫核苷酸，也很难记……

多念几遍就会记住的。

核苷酸，
核苷酸，
核苷酸，
核苷酸……

有些效果了……

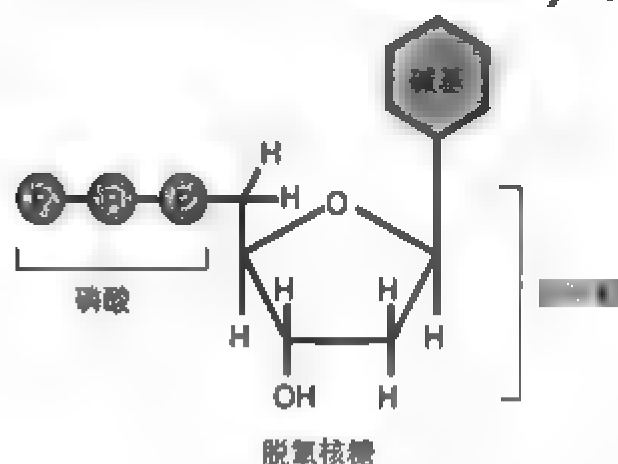


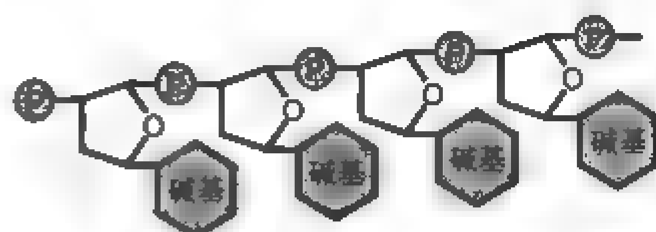




❖ 核苷酸与简写字母

这就是核苷酸的结构。





DNA就是这种结构。

核苷酸由三部分组成，

分别是磷酸、脱氧核糖和碱基这三部分。

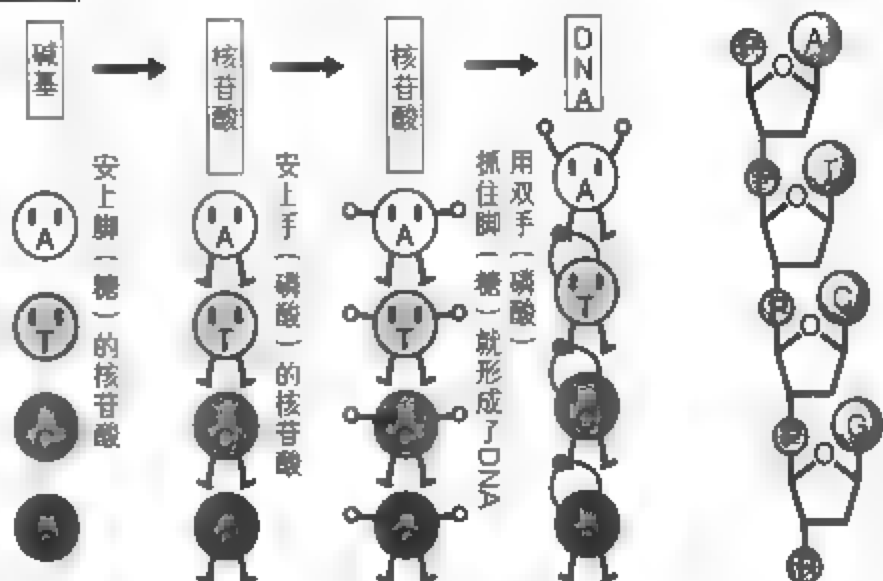
磷就是民间所说的“鬼火”的主要成分，它与氧结合后形成的酸性物质就是磷酸。

脱氧核糖是糖的一种。

虽然是砂糖的同类，但它并不甜。

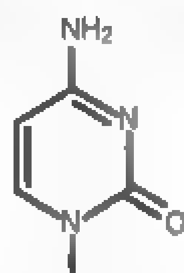
如果把碱基比喻成“脸”的话，脱氧核糖就是“脚”，磷酸就是“手”。

一个核苷酸的手抓住另一个相邻核苷酸的脚，如此结合就形成了DNA。

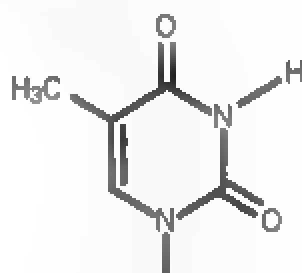


剩下的问题就是碱基。

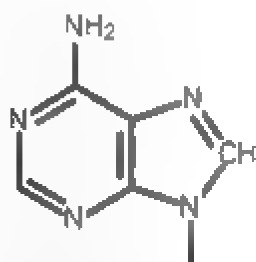
核苷酸作为DNA的原材料，它的碱基实际上有4种。



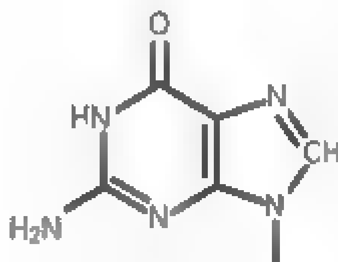
胞嘧啶（C）



胸腺嘧啶（T）



腺嘌呤（A）



鸟嘌呤（G）

腺嘌呤、鸟嘌呤、胞嘧啶、胸腺嘧啶它们各自都有自己的缩写字母，即A、G、C、T。

碱基是组成核苷酸的一部分，碱基有4种，因此对应的核苷酸也有4种。

DNA就是这4种核苷酸按不同顺序排列形成的长链结构。

嗯？感觉和前面讲的有些雷同。

是啊！！和蛋白质的部分吧！！

是的，蛋白质是由20种氨基酸，按不同顺序排列形成的长链结构。

总之，蛋白质和DNA都是几种材料按不同顺序排列形成的长链。

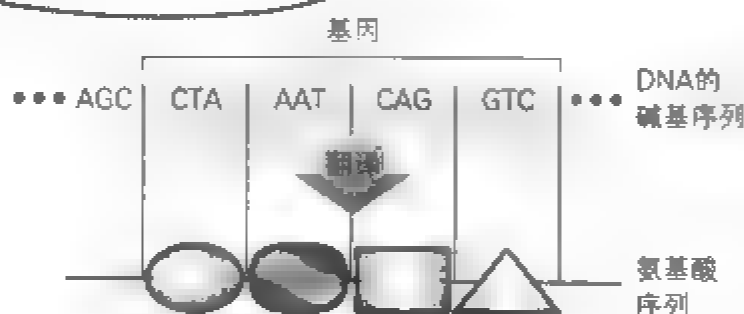
大家都记住了吗?

决定氨基酸顺序的信息，以密码的形式记载在DNA上，而密码就是DNA的字母。

记住了，DNA的特有字母就是指碱基。

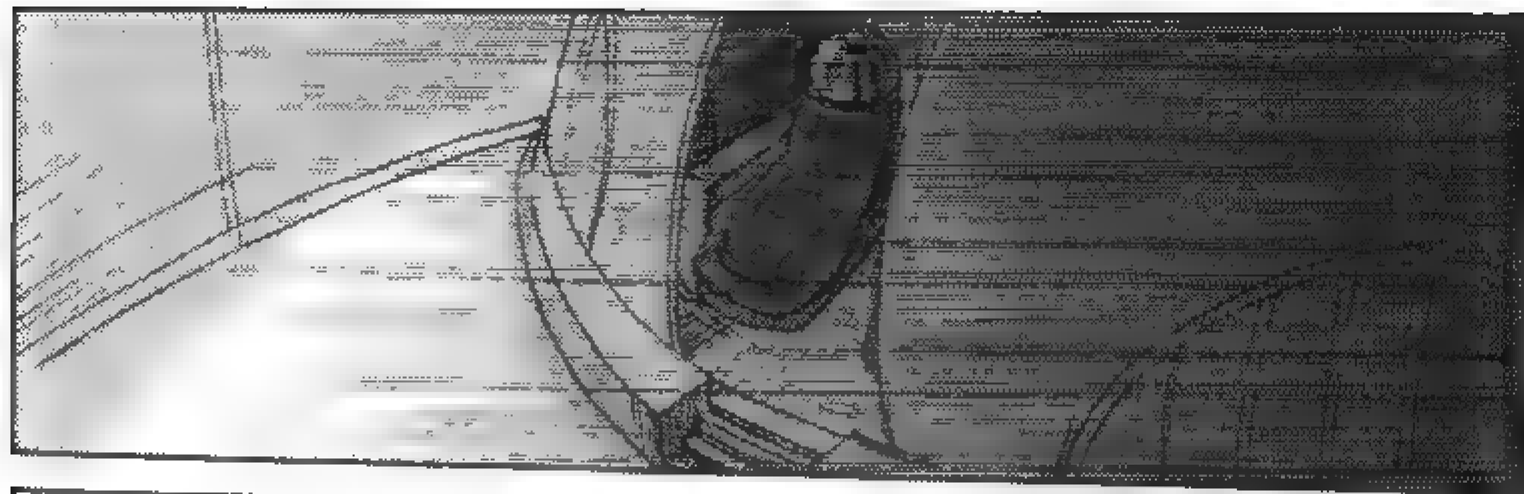
观察得很细!

这4种碱基（A、G、C、T）按什么顺序排列……



决定氨基酸排列顺序的指定密码就是这样。

也就是一个基因，决定了一个蛋白质的氨基酸排列顺序。



哈哈……，原来基因并不是决定蛋白质的有无，而是决定蛋白质中氨基酸的排列顺序。

是的，小玲已经明白了。

小玲，你坏，只顾自己！！

啊？亚美，你有不明白的！？

核苷酸！！

にゃー

知道了，知道了。我今晚慢慢教你！！

两人都很努力，毛吕博士。

わー

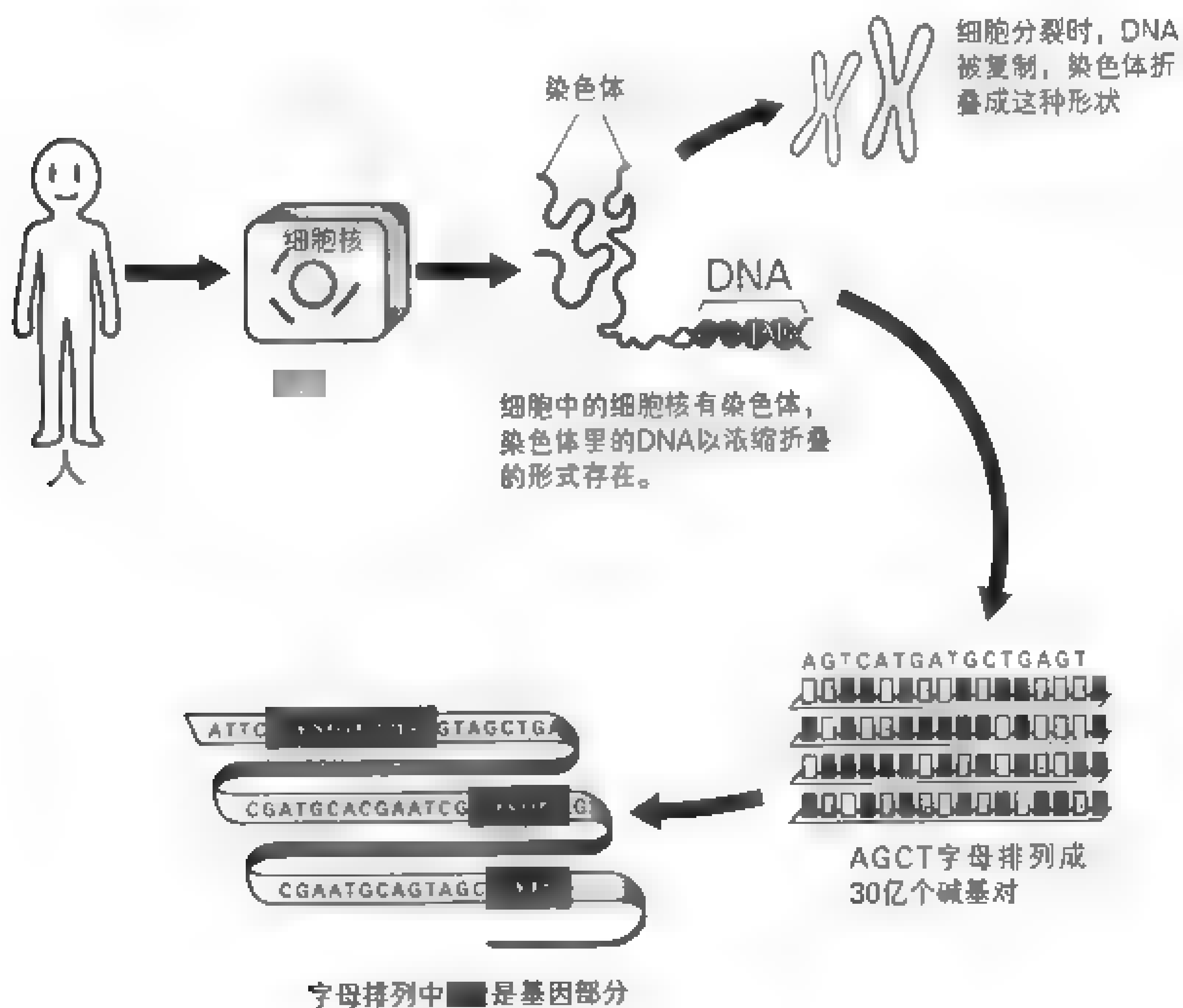
きゃー

⑤ 基因的图书馆：染色体组（基因组）

2003年，国际性科研项目“人类基因组计划”顺利地完成了。如果问这是一个什么项目，它是有关确定人类各条染色体DNA全部核苷酸顺序，也就是完成测定人类23对染色体上基因组中所有DNA的碱基序列这样一个计划。

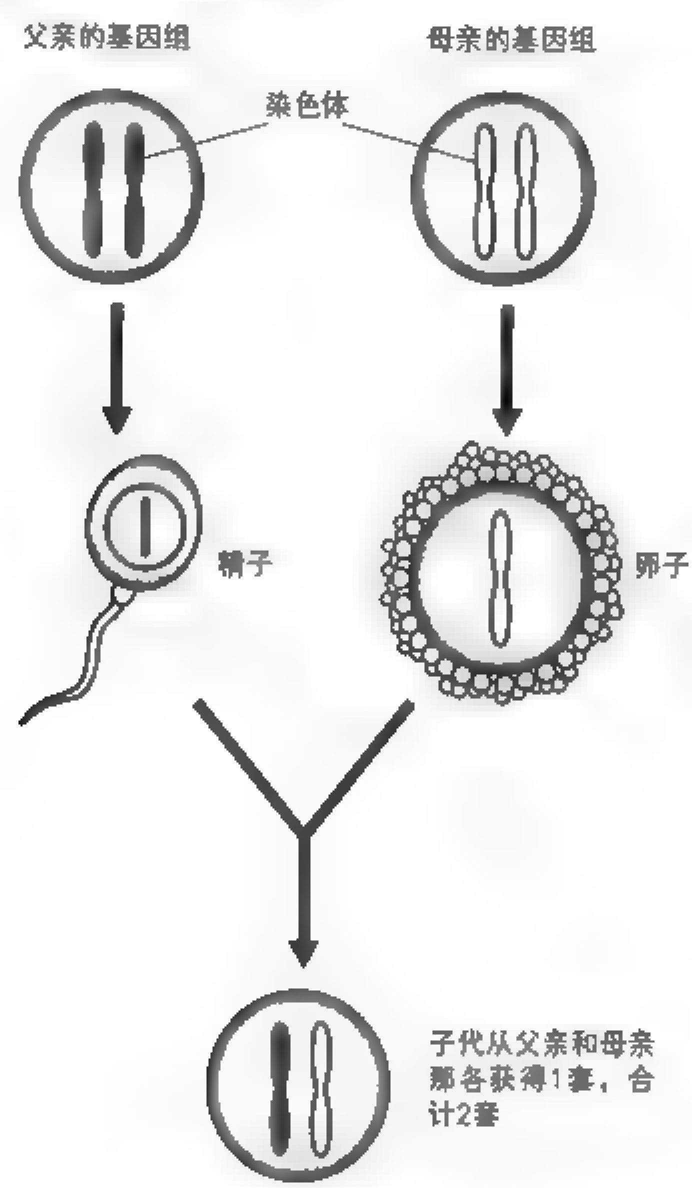
测定人类所有DNA的碱基序列，并将它们记录下来，就像：AGTCGTATCGACGATCGACTGATCGATCGATCGTAGTCAGTCAACATGCTGTCAGTGT……这样，A、G、C、T四个字母排列达30亿个碱基对。

这30亿个碱基对中，含有蛋白质的氨基酸排列密码，也就是含有“基因”。



像这样，所有的“字母排列”，也就是所有的DNA碱基序列的集合就是**“基因组”**，或叫**“染色体组”**。所有的生物，它们每个细胞都拥有各自的基因组，我们人类的基因组就叫做**“人类基因组”**。

像我们人类，接受了来自父亲和母亲的DNA，因此细胞中拥有两套基因组。

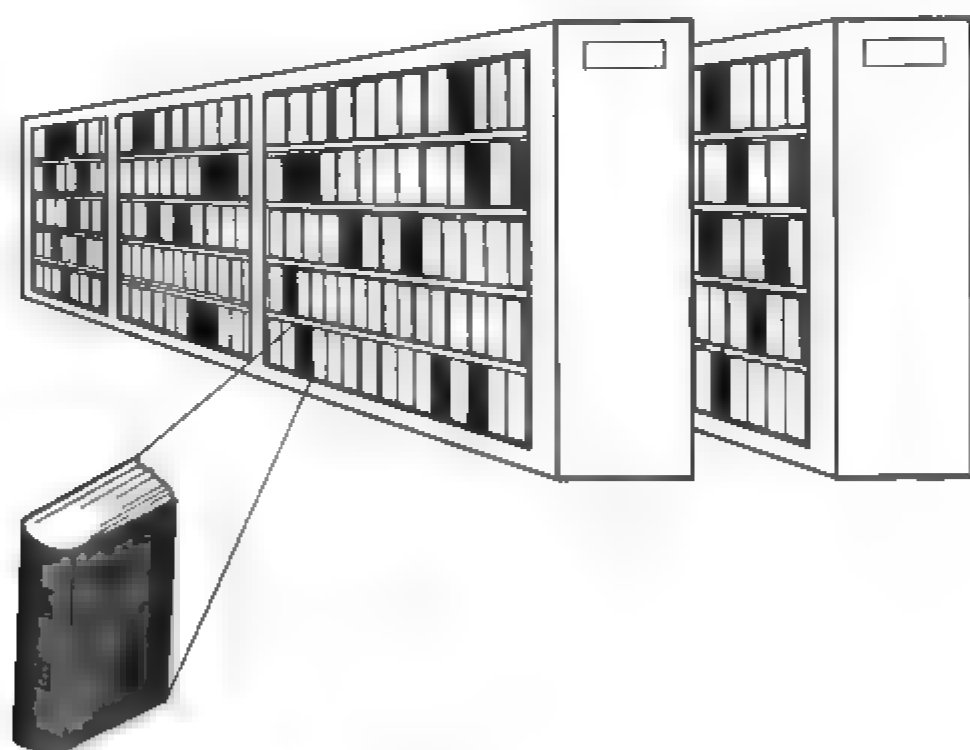


注：实际上，子代从父亲和母亲那里分别获得23条染色体（组成23对，46条），在这为了易于说明，只表示成1对，2条染色体。

我们可以把基因组形象地比喻成收藏“基因”这种书的图书馆。

基因组实际上还包括许多基因以外的部分，关于这些部分为何存在，现在的研究正在加速进行。

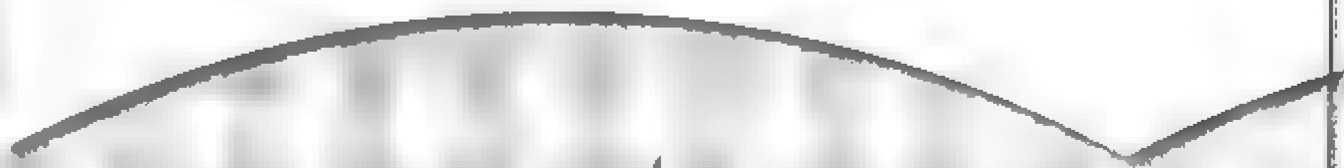
总之，进入基因组这个图书馆，里面到处都是有关基因记载的图书。



第3章

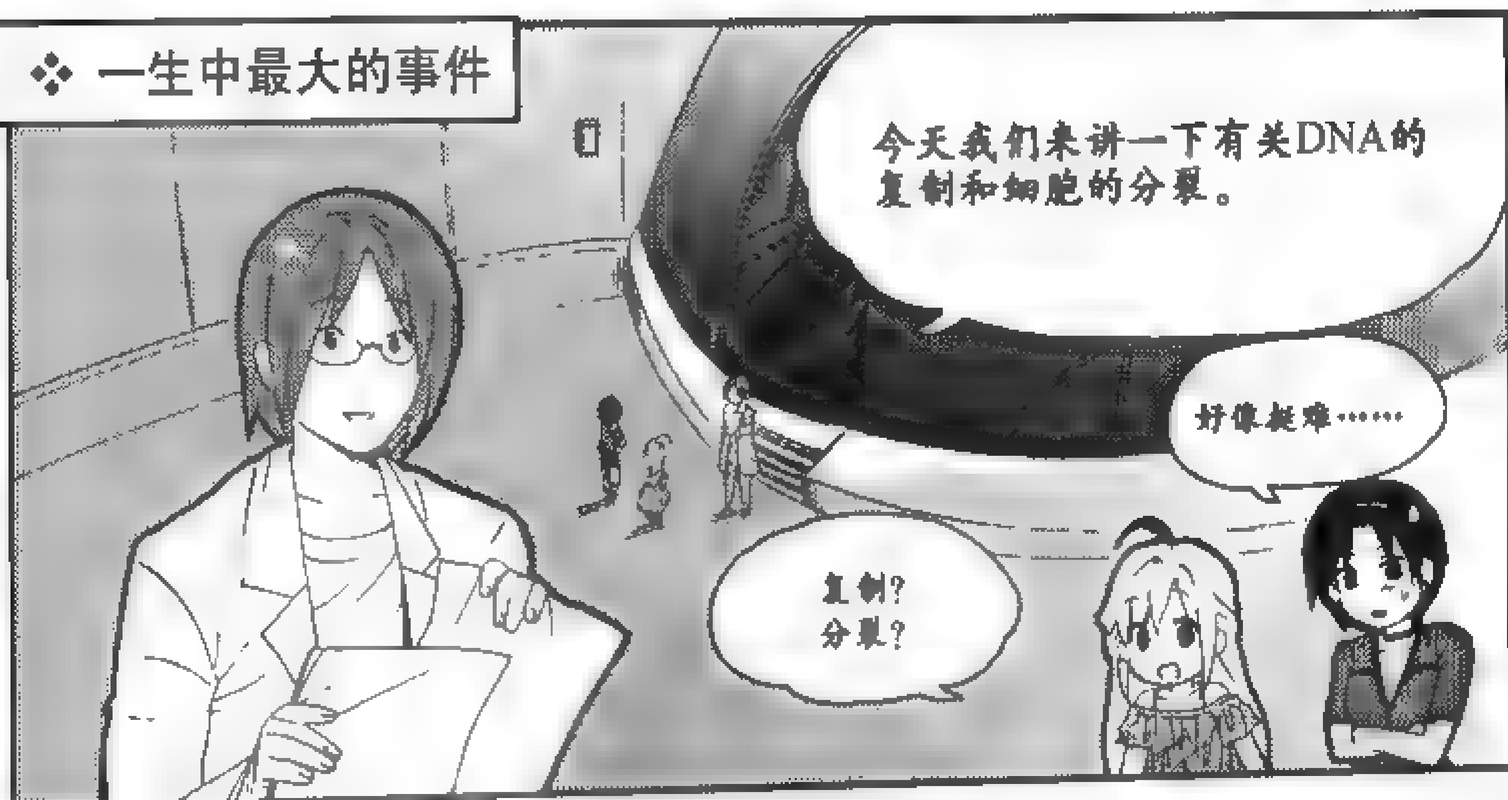
DNA的复制与细胞分裂





1 细胞是靠分裂增殖的

❖ 一生中最大的事件







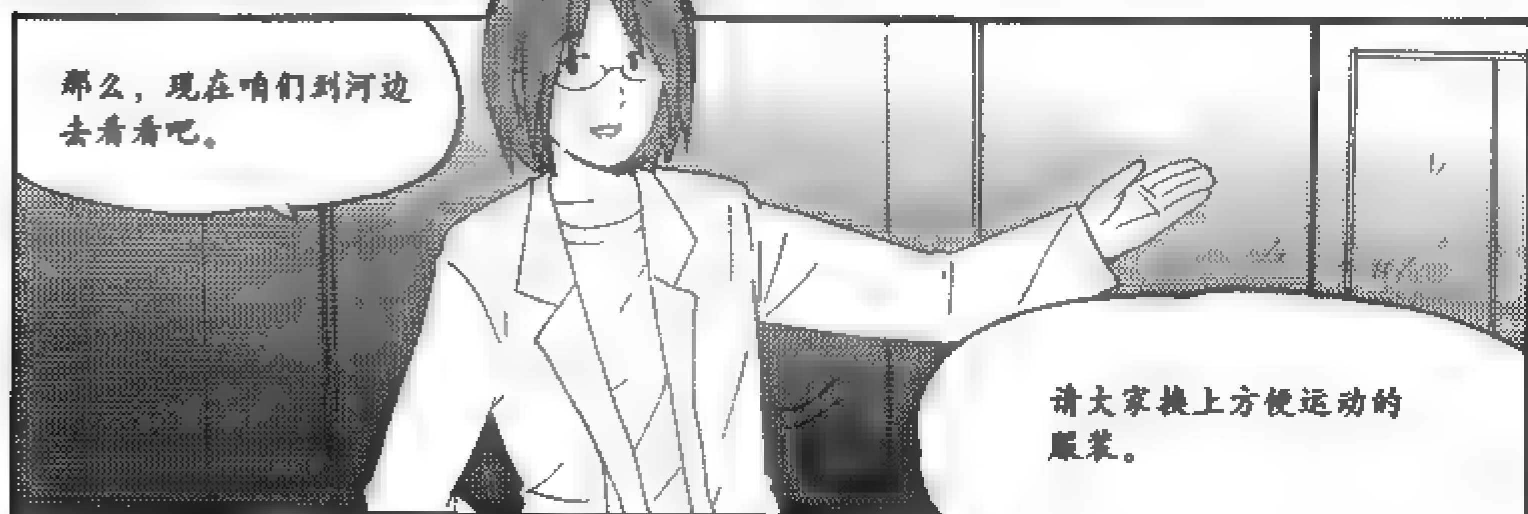






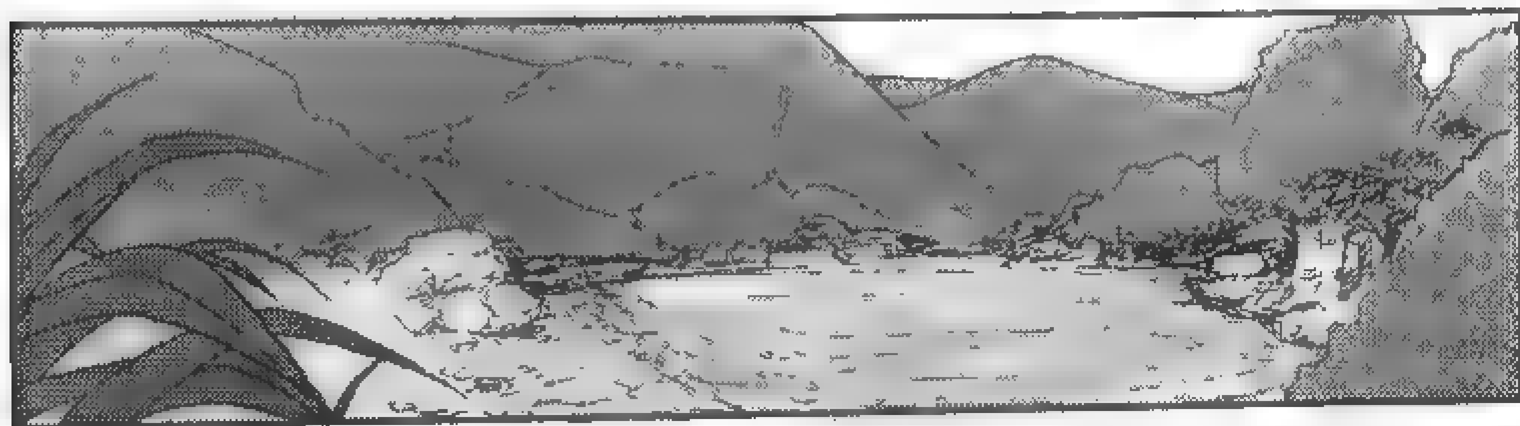
对人以外的大多数生物而言，一生最重要的事件并不是婚礼……

而是这之后的繁殖，也就是繁殖子孙后代！




让你们久等了！


……
?
可……可以吧。



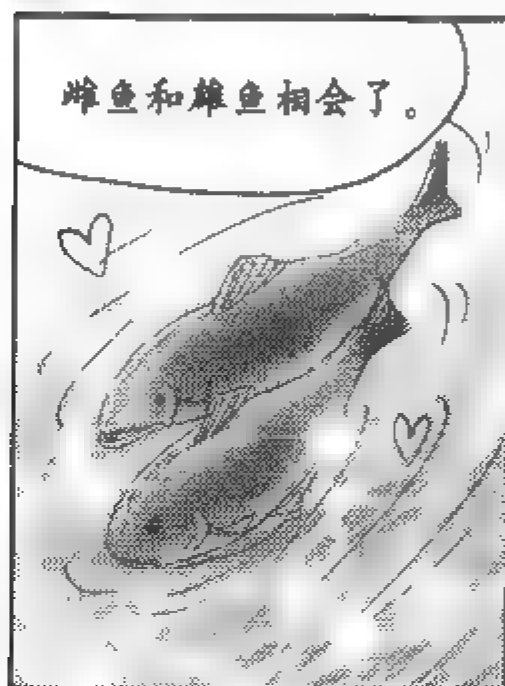

到了。
这条河就在研究所的旁边！？
有点冰啊……


大家请看！


在特定的季节里，
鱼才会拼命地跃入河的上游……


本来鱼是在每年9～11月期间，从北方的海里游回到自己出生的河里。
这条河是为了研究用，设定了特殊的气象条件，所以不要考虑季节的因素。


毛吕老师，真了不起！
这么凉，怎么游泳！
看看这！


雌鱼和雄鱼相会了。

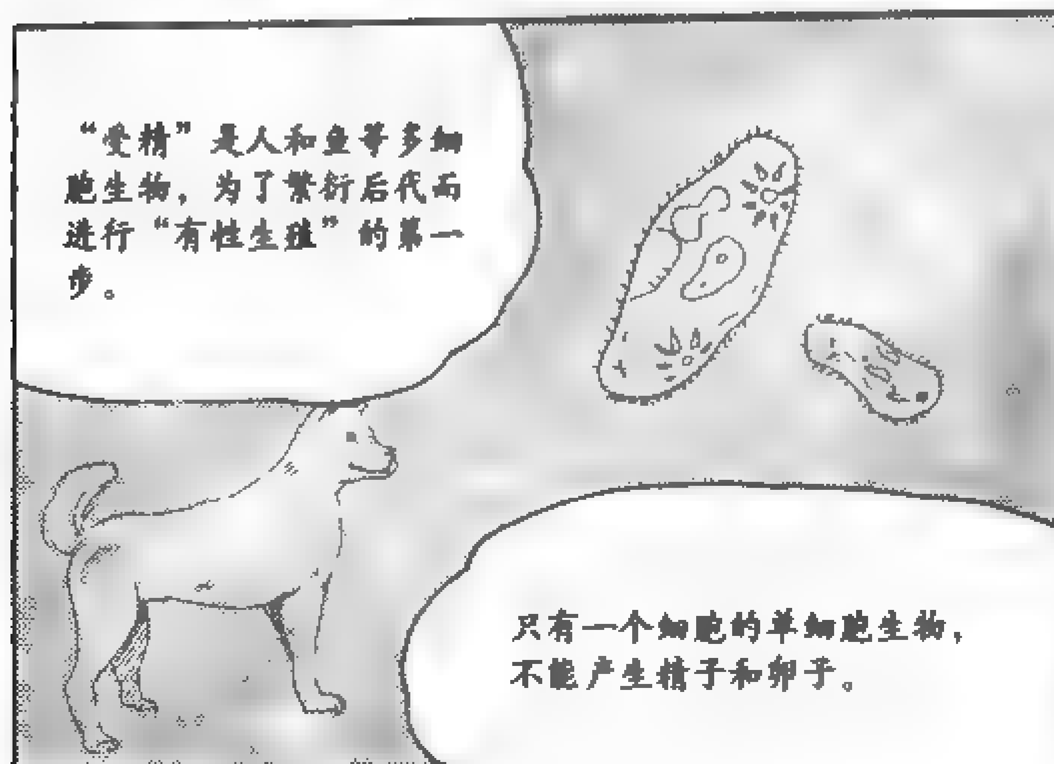

产卵的同时，雄鱼也在注入精子。


勤劳的伴侣会永远幸福的……
うう…
嗯！？

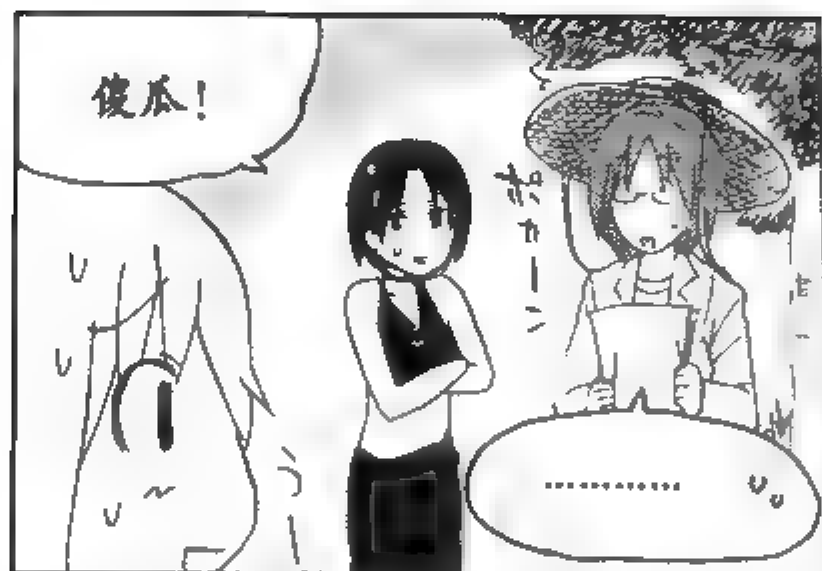

怎么了……
呵！？


这些鱼拼命地往河的上游游，等完成受精后就死掉了。
它们就好像一生都是为了延续后代而活一样。


只为受精而活，太感人了。
傻瓜！


“受精”是人和鱼等多细胞生物，为了繁衍后代而进行“有性生殖”的第一步。
只有一个细胞的单细胞生物，不能产生精子和卵子。


它们是如何繁衍后代的呢？
难道有分身术吗……





❖ 细胞分裂：保留子孙后代最原始的方法

哇！

这是水中！？
我要呼吸……
要憋死了……

是演示影像！





这是被称为草履虫的微生物。

分裂

啊！
分裂成两个了！

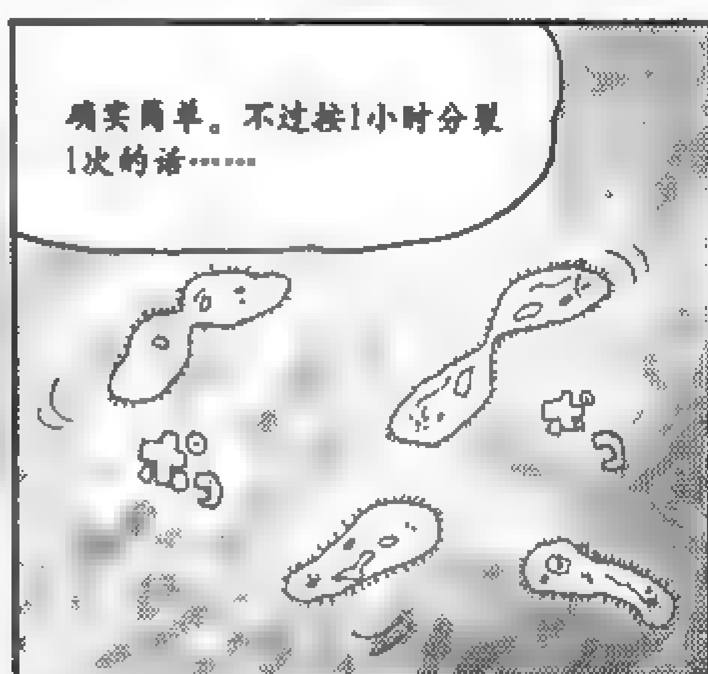




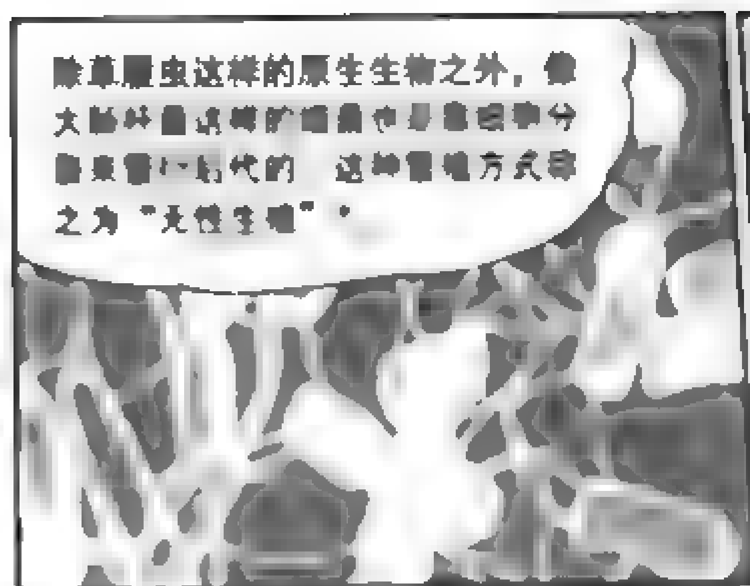

单细胞生物是靠细胞分裂来繁衍后代的。
答对了！


单细胞生物是只有一个细胞组成的。


所以，以这种方式分裂成两个是最迅速的。
简单……你真是单细胞……

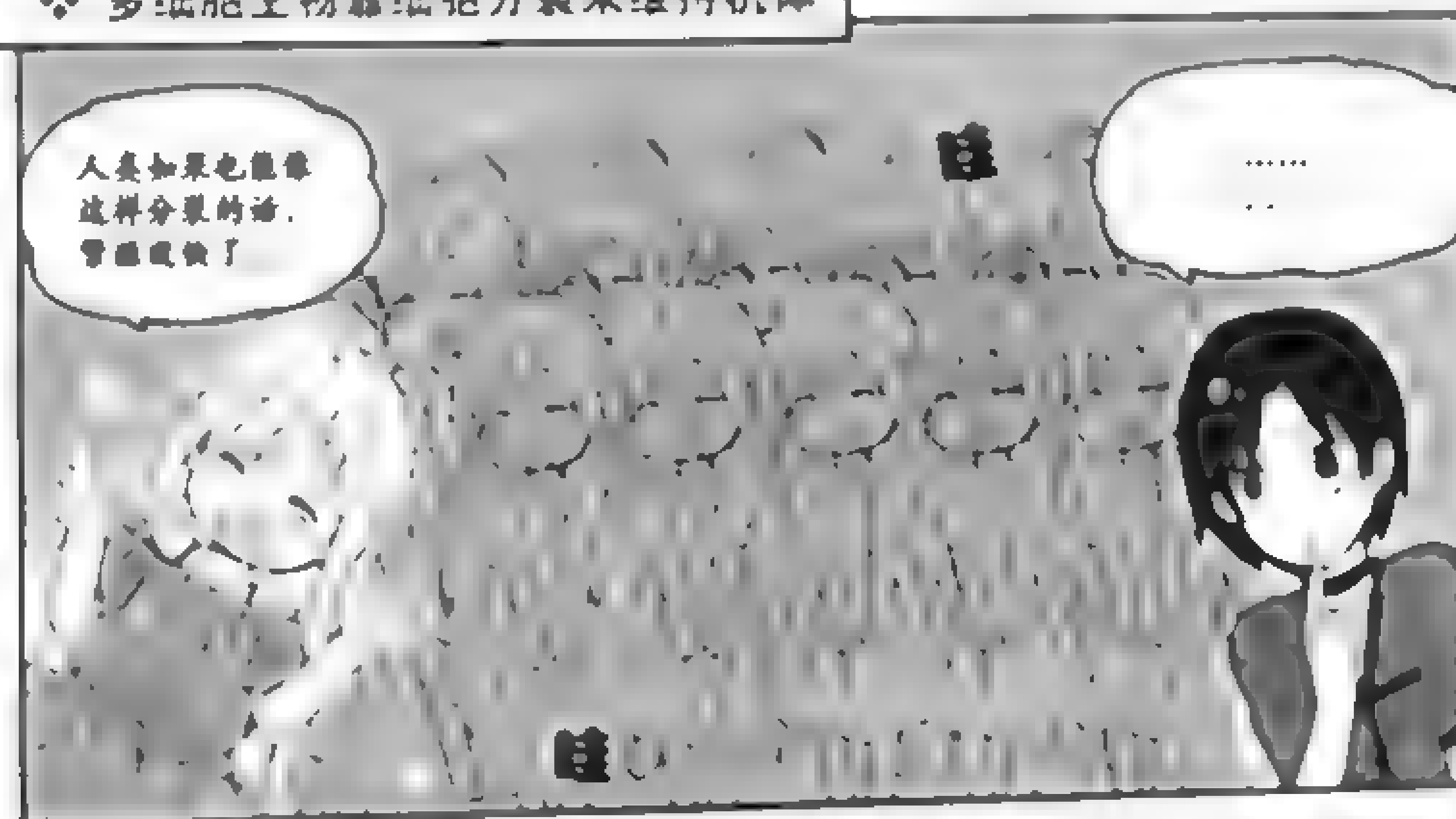

确实简单。不过按1小时分裂1次的话……


24小时后，1个细胞就会增殖到约1680万个。
わら
わら
欸？

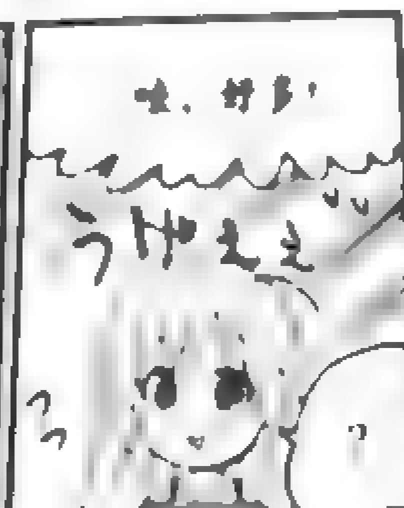




❖ 多细胞生物靠细胞分裂来维持机体










啊，毛吕老师！
パーン
终于登场了！？

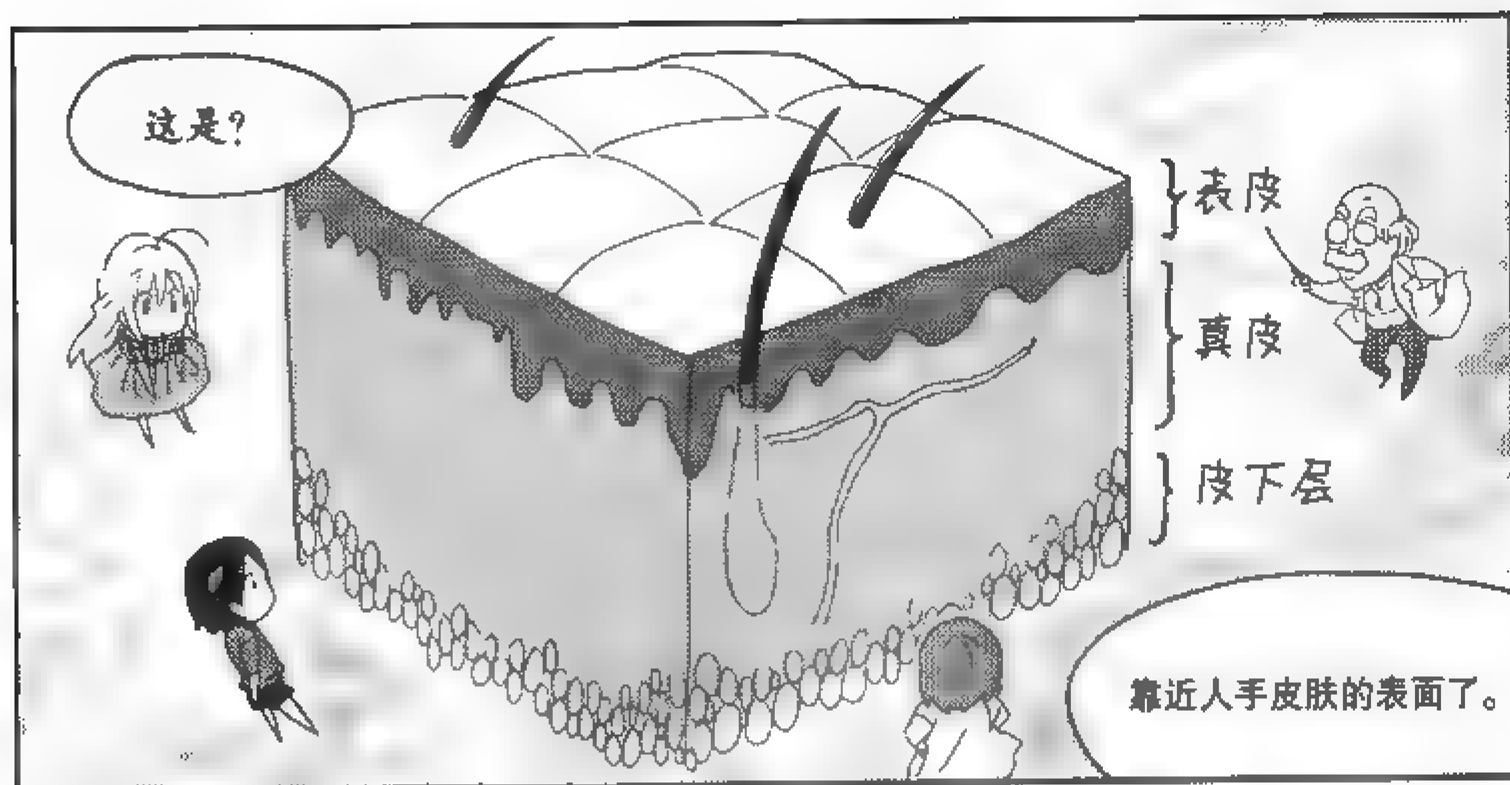

不要那样讲，这是微观演示世界……
是为了方便大家理解，其实——

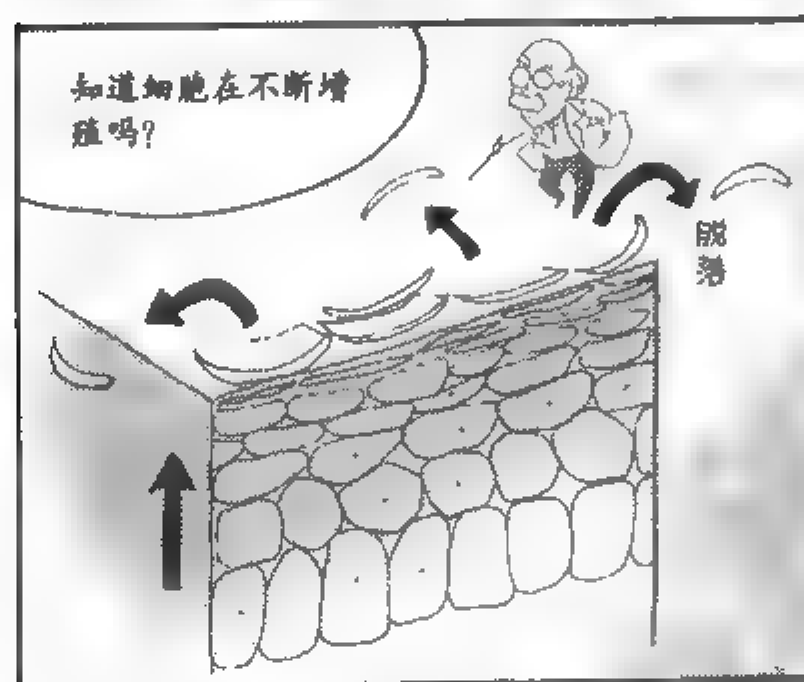

作为多细胞生物的人类，也会发生细胞分裂，大家知道吧！？
どーん!!
啊！？
人类也会发生细胞分裂！？


对单细胞生物而言，细胞分裂就意味着繁衍后代。
但是多细胞生物的人类，就不是这样……


不会是为了繁衍后代，靠细胞分裂来产生生殖细胞吧。
不是为了繁衍后代而分裂的话……


那是为了什么而分裂……？
那，就去看看吧。


这是？
表皮
真皮
皮下层
靠近人手皮肤的表面了。


知道细胞在不断增殖吗？
脱落

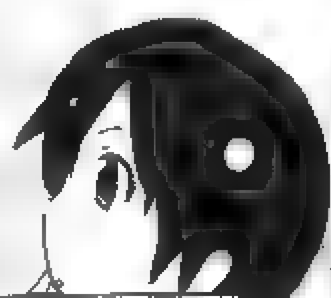

确实。
有些怎么一碰就掉了……


我们每天洗澡，在洗去身上的灰尘和汗水的同时，也将老化的皮肤表皮细胞一起洗掉了。
啊！
我们洗掉的不是污垢吗？


细胞也有寿命，它在完成使命后就会死掉。
……

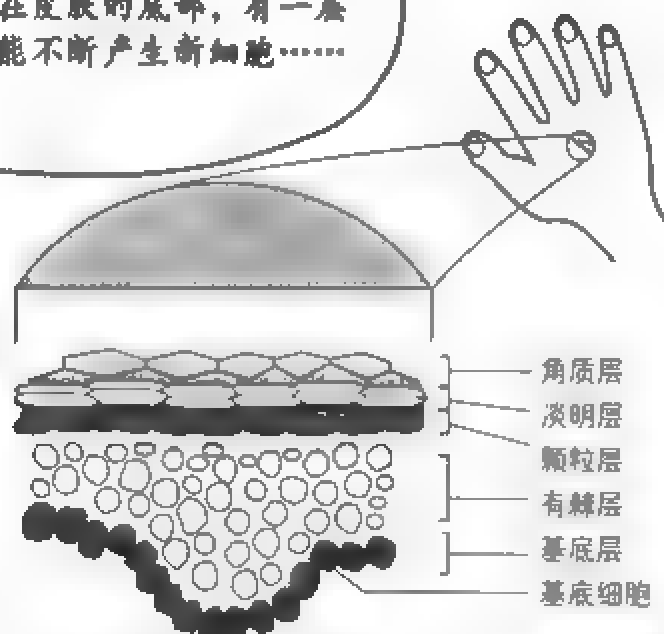
为了替代死去的细胞，就要不断产生新的细胞来补充。人类就是这样几十年来维持着机体的稳定性。





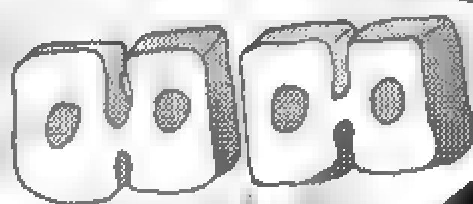
是这样啊……人类不是整个个体进行分裂，而是每个细胞都能不断地进行细胞分裂。

在皮肤的底部，有一层能不断产生新细胞……



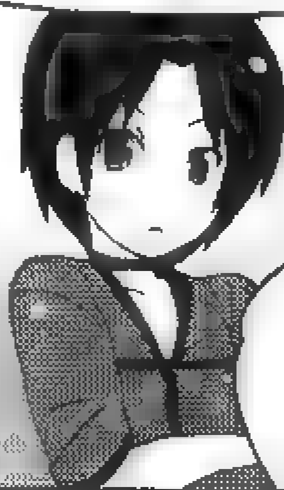
果真是！

在不断地分裂！



正在旺盛分裂的细胞是“基底细胞”。





除了心脏和脑神经的部分组织外，机体内大部分都是如此增殖细胞的。

基底细胞反复分裂就能不断产生新的细胞，从而补充脱落的老细胞。





啊——
像亚美那样的单细胞生物靠细胞分裂就能繁衍后代……
而像我们多细胞生物靠细胞分裂来维持机体稳定，这也很重要。
确实如此。



是……是的。
对不起啊
站住
始作俑者
照耀君！
什么“确实如此”呀！我也是多细胞生物。



不管怎么忙也应该出来跟我们见一面吧！
啊，一定是在实验室操控自己的演示影像。
谁？
是毛吕老师吗？
——这么说的话……

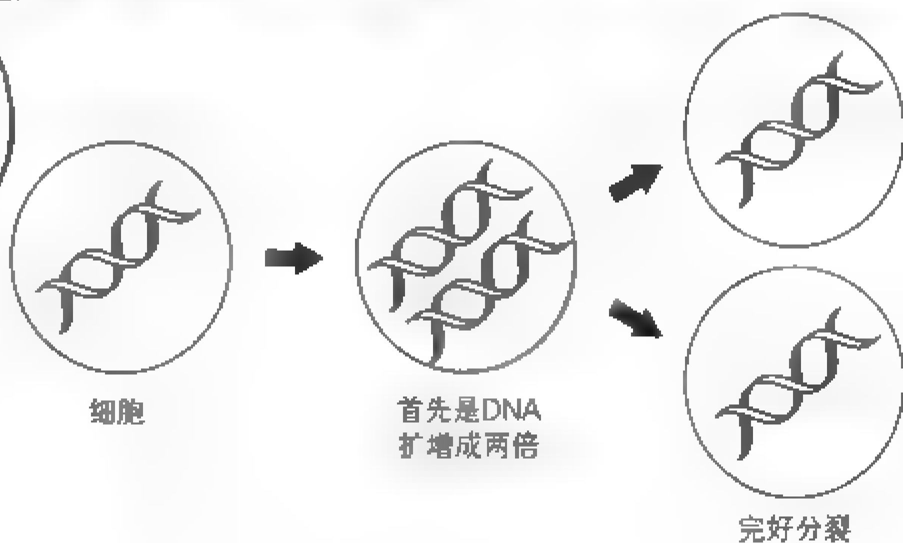
② 分裂前DNA必须被复制

❖ 合成图

细胞在不断地分裂，这我们明白了，但细胞中的基因是怎么变化的呢？

问得好。

从结论来说，是含有基因的DNA在分裂。



嗯。

不过与细胞的分裂有很大不同的是，DNA首先要正确地复制成两倍，然后才能顺利地分裂。

DNA在分裂前和分裂后的长度保持不变※。

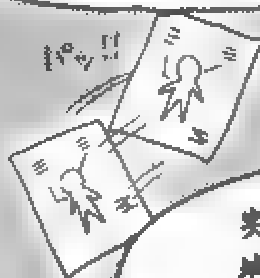
※实际上，真核生物的细胞在每次DNA扩增成2倍时，DNA的长度都会有略微的变短。

DNA扩增成两倍才进行分裂……正确地将DNA扩增成两倍称为复制。



所以我们称这个过程为DNA复制。

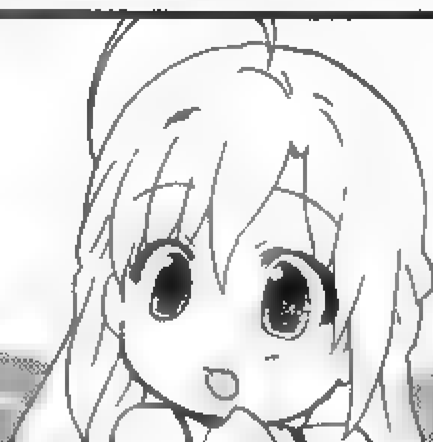
唉，合成图会分裂？听起来有些不可思议。



实际上是复制的DNA平均地分配到两个子细胞，而用分裂来表示并不完全准确。

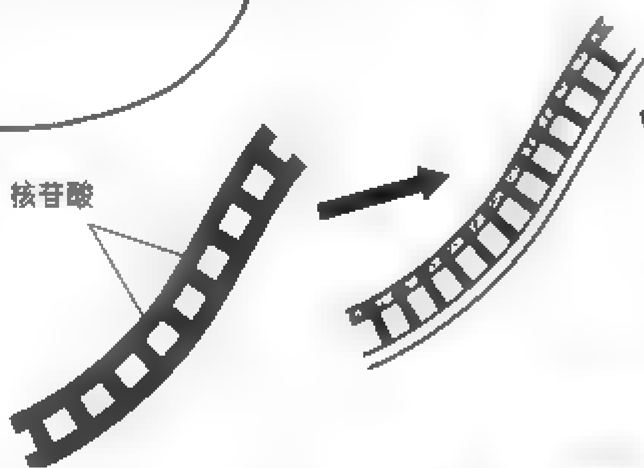
❖ DNA是双链的

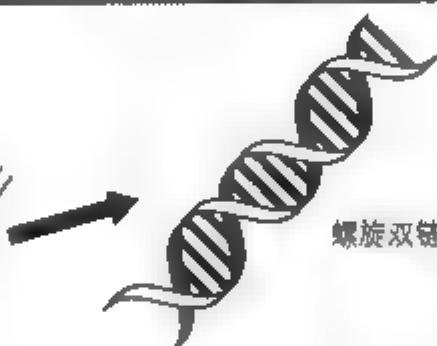
前面讲过DNA的特征（参照P86），亚美还记得吗？



嗯……是两条线吧？

不能这么讲，应该是螺旋双链。







对，对！是由许许多多的核苷酸聚合而成的。

那么说核苷酸是……



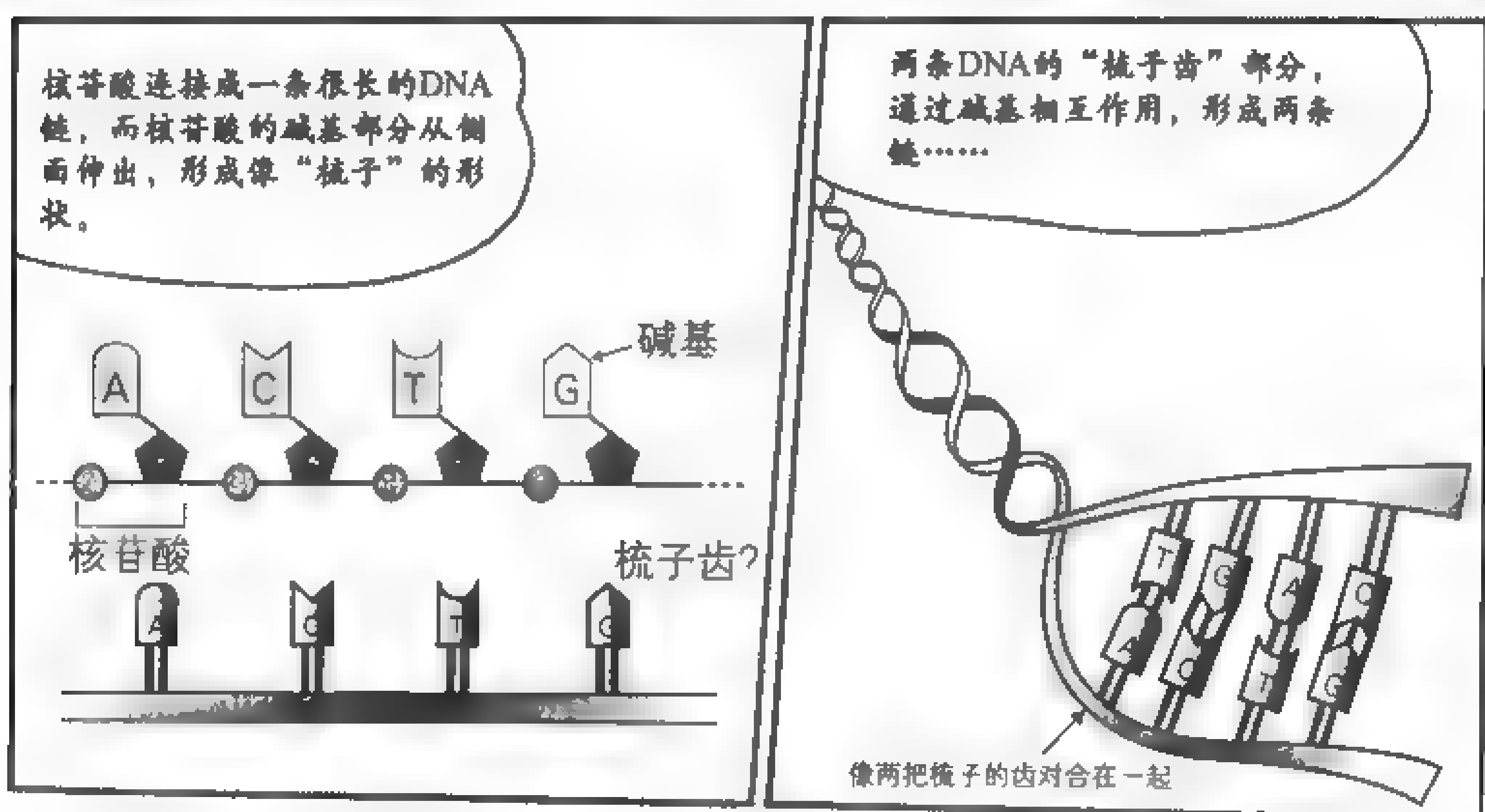


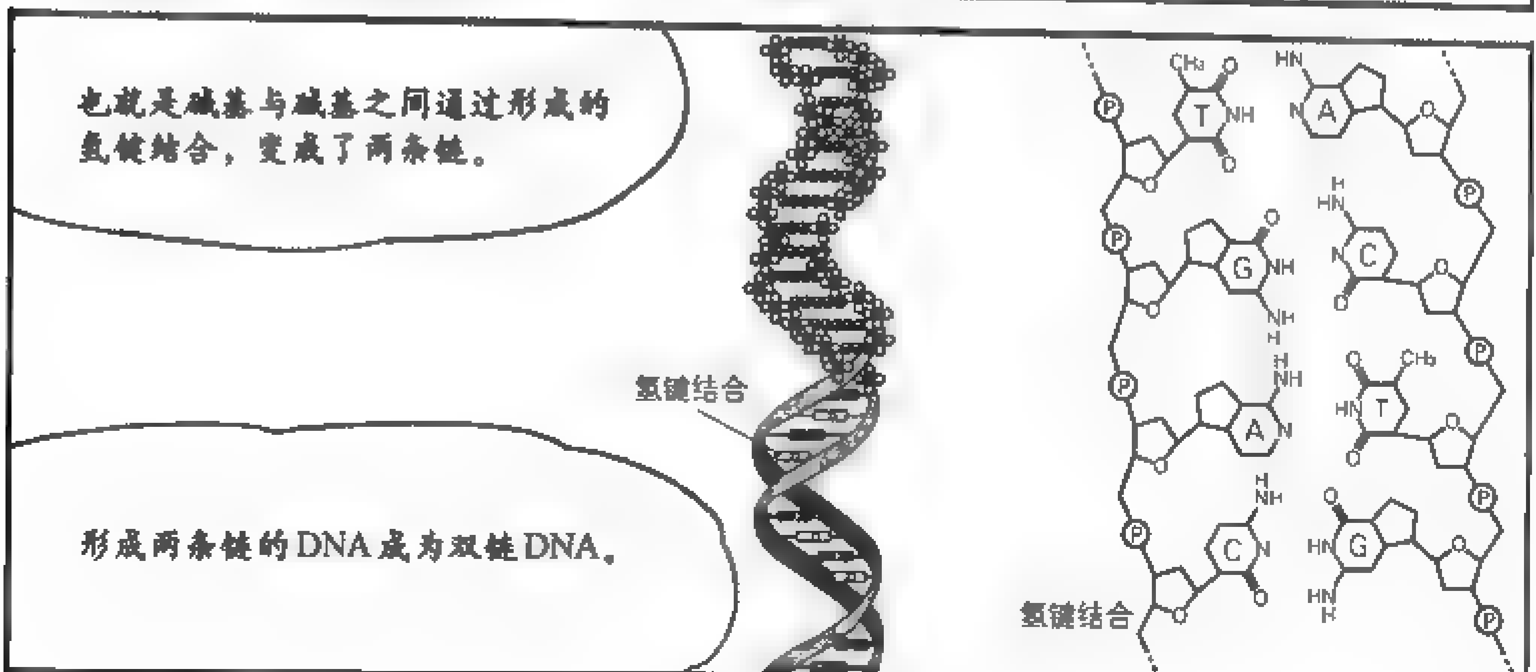
配对的！？



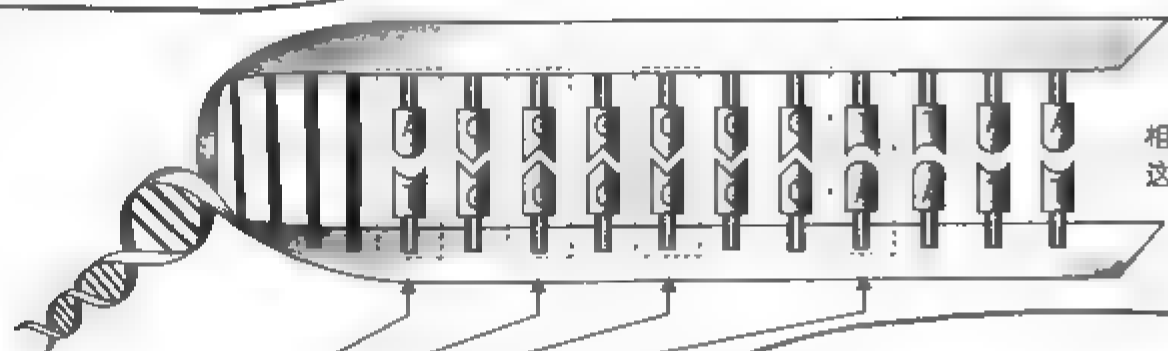



为什么DNA是双链的呢？
为了解开这个迷，我们去看看吧。
好！


核苷酸连接成一条很长的DNA链，而核苷酸的碱基部分从侧面伸出，形成像“梳子”的形状。
A
C
T
G
碱基
核苷酸
梳子齿?
两条DNA的“梳子齿”部分，通过碱基相互作用，形成两条链……
像两把梳子的齿对合在一起


也就是碱基与碱基之间通过形成的氢键结合，变成了两条链。
形成两条链的DNA成为双链DNA。
氢键结合
氢键结合

重要的是碱基与碱基之间的结合，相互间是有规定的。



必须是这样的组合 一个碱基是A（腺嘌呤）的话，那么另一个碱基一定是T（胸腺嘧啶） 一个碱基是G（鸟嘌呤）的话，那么另一个碱基 定是C（胞嘧啶）。

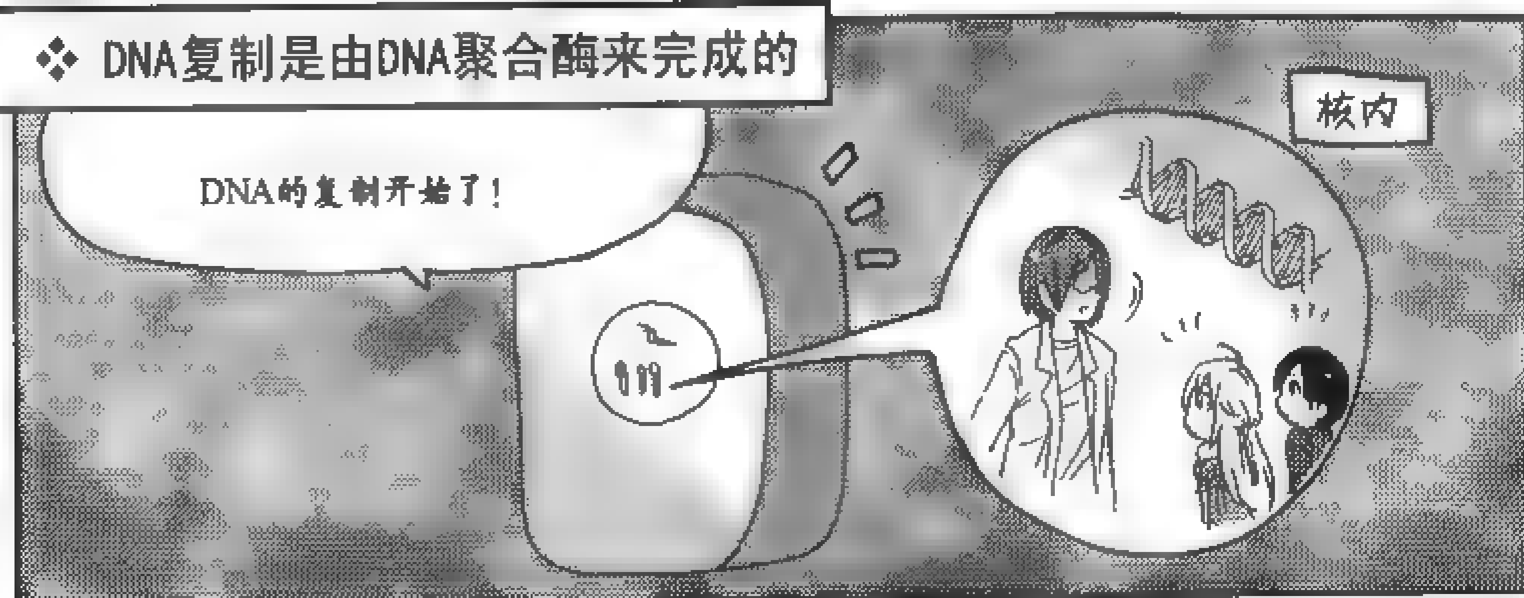
因此，如果DNA的一条链的碱基序列是“ACGGCCGTTAA”的话，那么另一条与它配对的DNA链的碱基序列就应该是“TGCCGGCAATT”。

也就是说，如果DNA一条链的碱基序列确定的话，那么另一条链的碱基序列就也自动确定了。





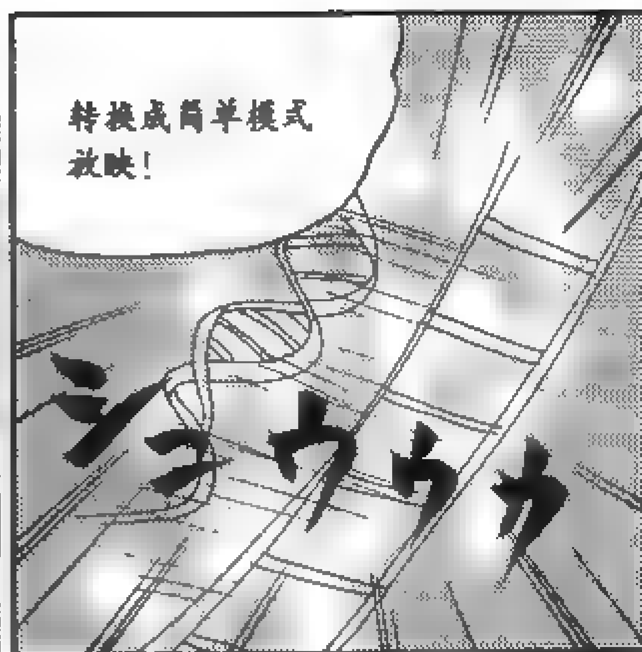
❖ DNA复制是由DNA聚合酶来完成的

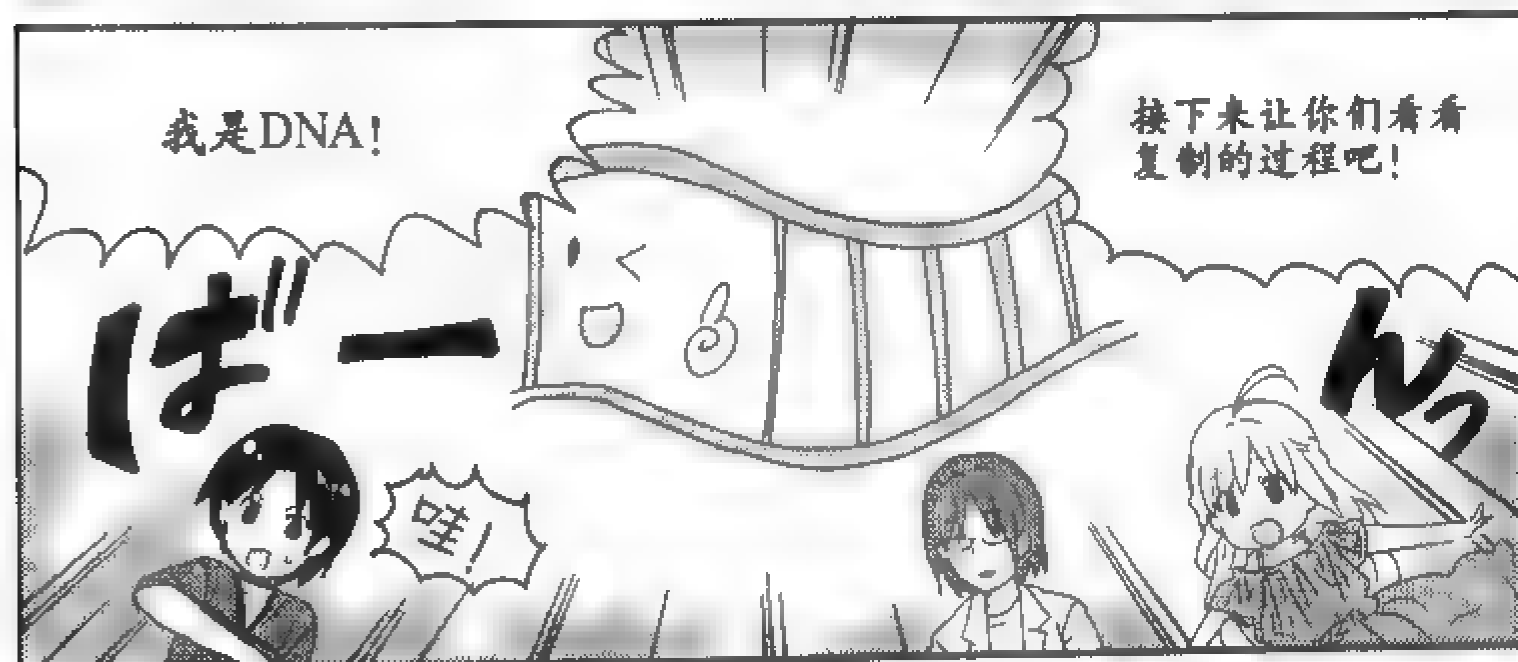




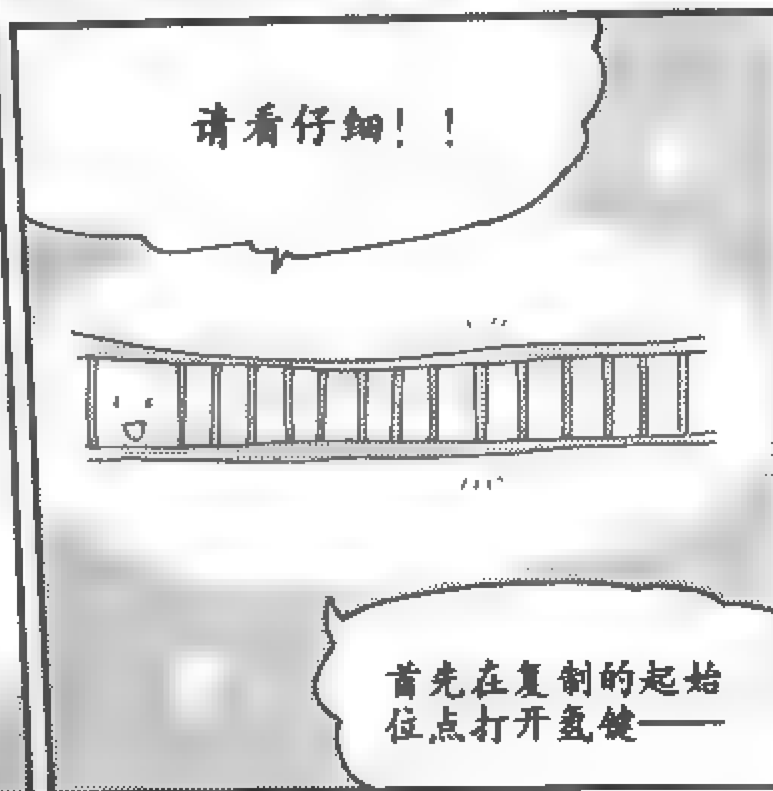
※在这为了说明，用“自动地”来表述，实际上是酶在起作用。

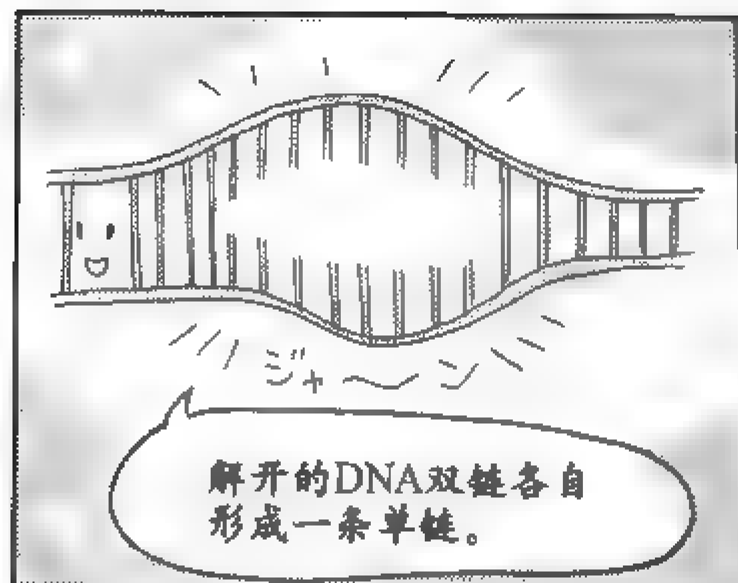

有点糊涂了。
嗯？
那么，放一个简单易懂的小片子吧！

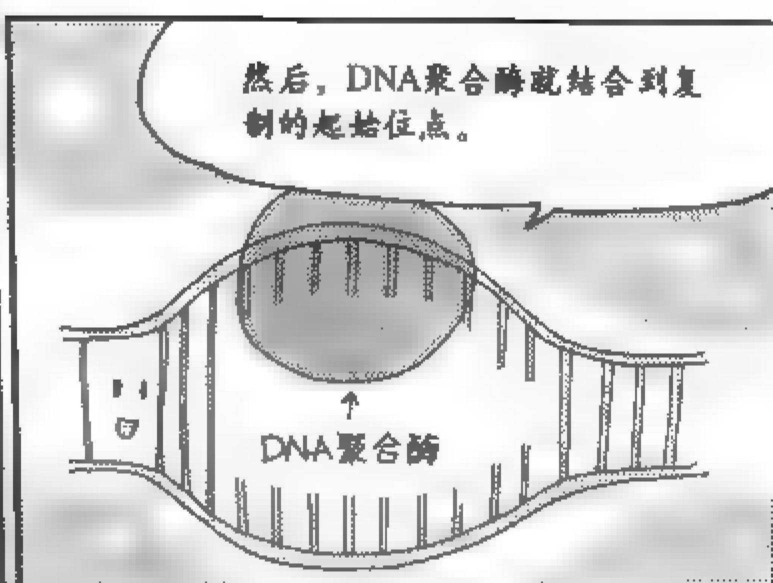

转换成简单模式放映！
シュウウウ

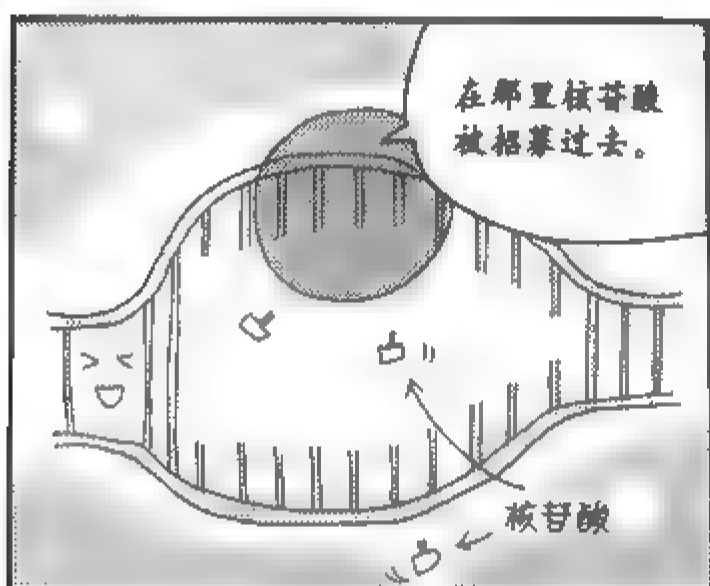

接下来让你们看看复制的过程吧！
我是DNA！
ばーんっ
哇！

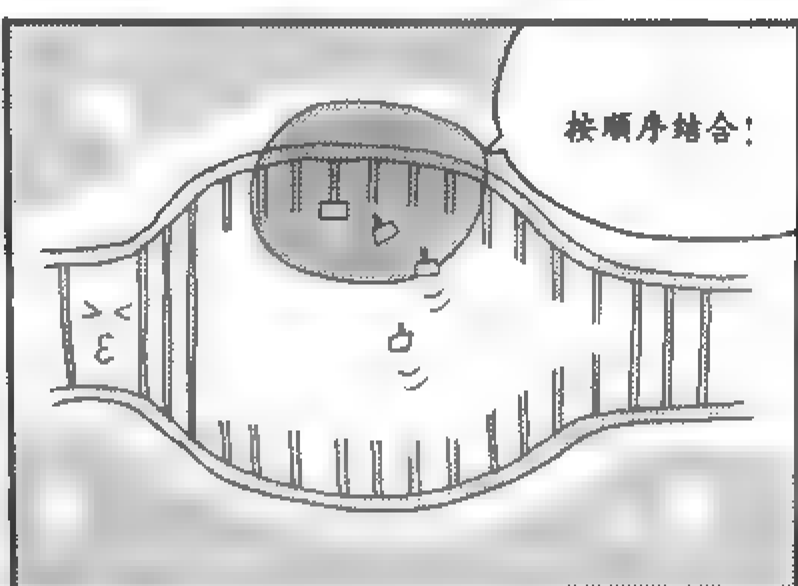

嘿嘿
简单到什么程度！？
呵呵
放心吧！

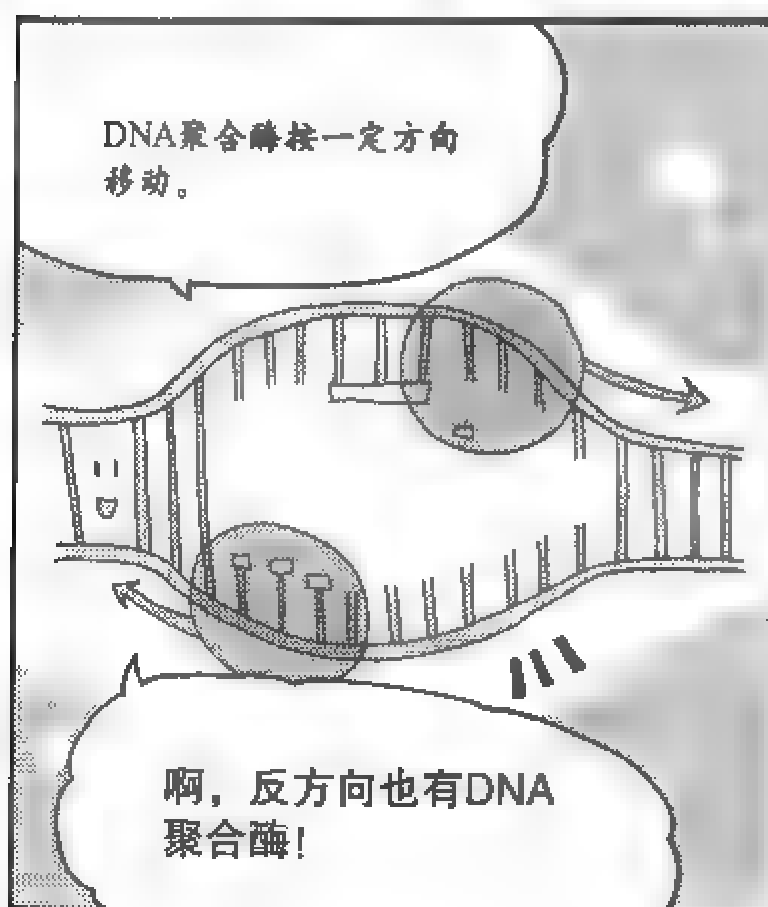

请看仔细！！
首先在复制的起始位点打开氢键——

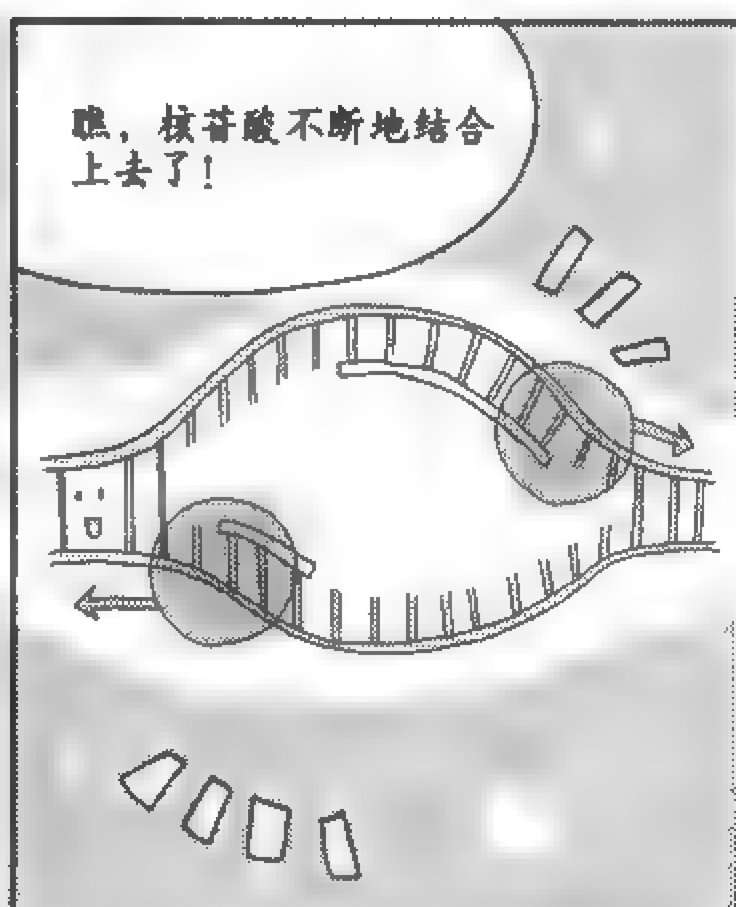

ジャーン
解开的DNA双链各自形成一条单链。


然后，DNA聚合酶就结合到复制的起始位点。
DNA聚合酶

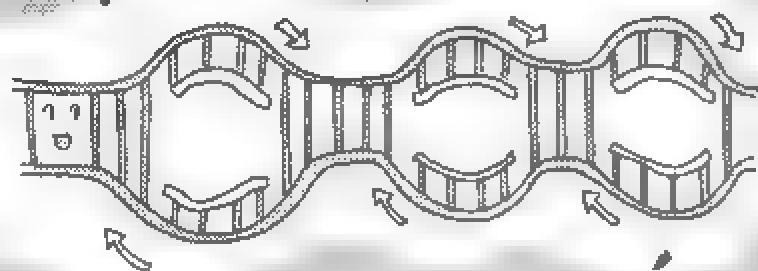

在那里核苷酸被招募过去。
核苷酸

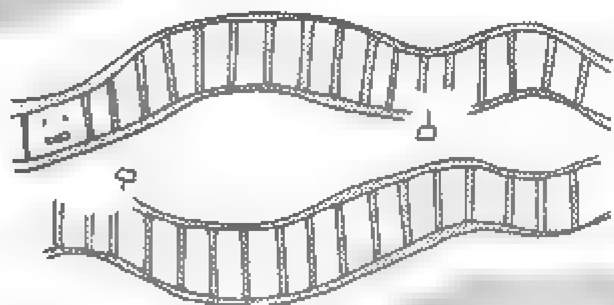

按顺序结合！


DNA聚合酶按一定方向移动。
啊，反方向也有DNA聚合酶！

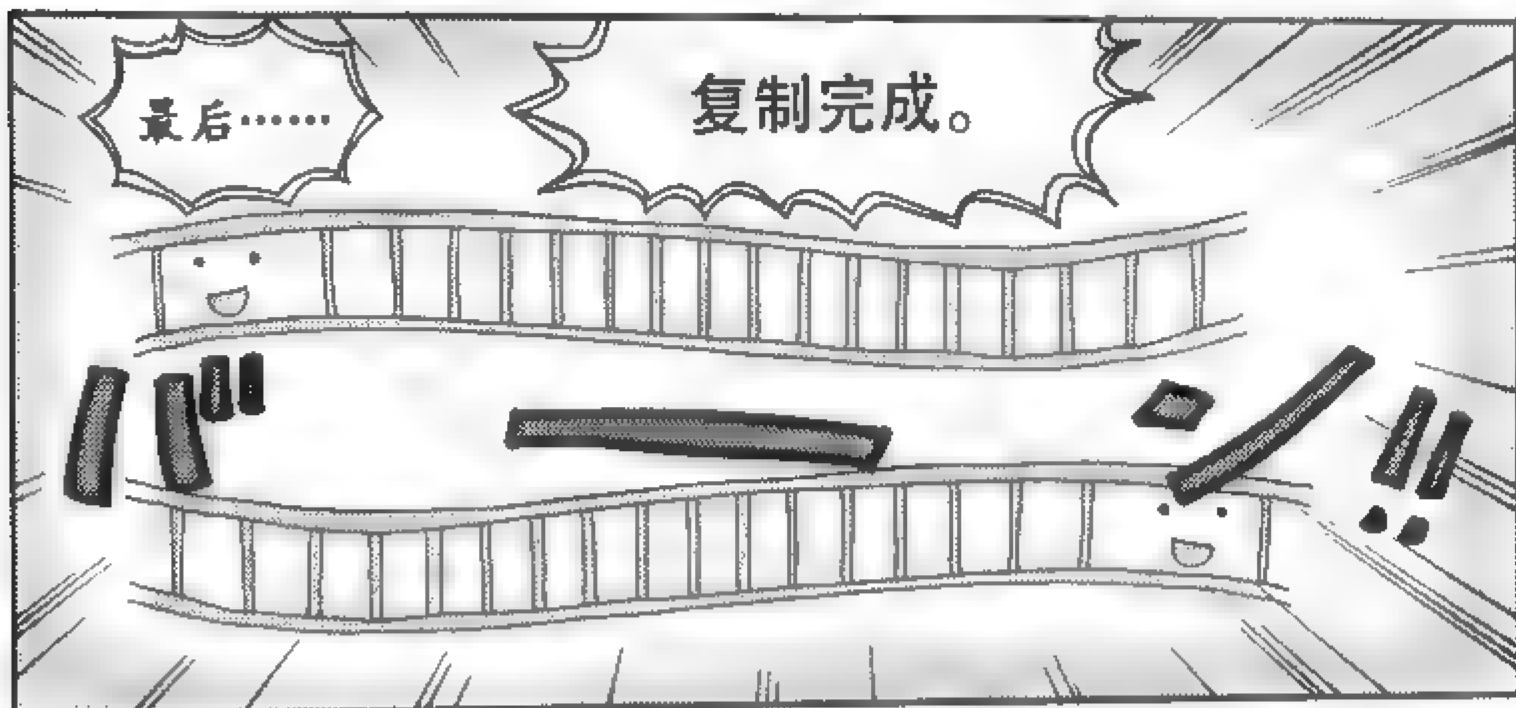

瞧，核苷酸不断地结合上去了！

很多地方都在进行着相同的过程……





这样，就形成了两个完全相同的双链DNA。



哇塞！

神奇！神奇！

谢谢！

这样就形成了两个碱基序列完全相同的双链DNA！

是啊，刚才说的决定了一条DNA的碱基序列，也就自动地决定了另一条DNA的碱基序列，就是指复制这种性质！

终于搞明白了！

不过，什么是DNA聚合酶呀？

我来说明一下吧。

DNA的复制，简单地说就是新DNA的合成。合成新DNA是由DNA聚合酶这种蛋白酶来完成的。

刚才说“自动地”，但严格地讲并不是“自动地”……

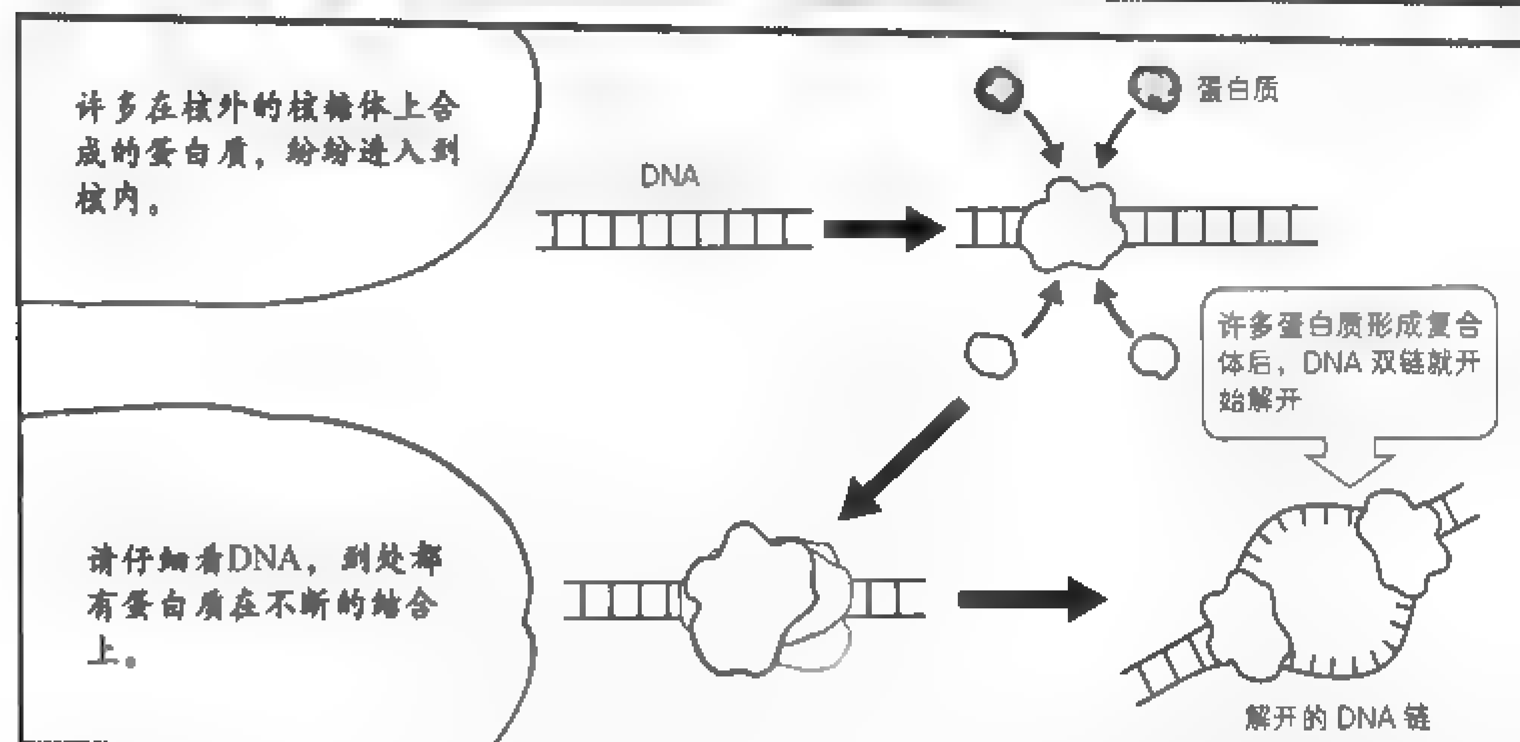
嗯……
有些明白了……

那就更近一点去看看吧，
DNA聚合酶在干什么！

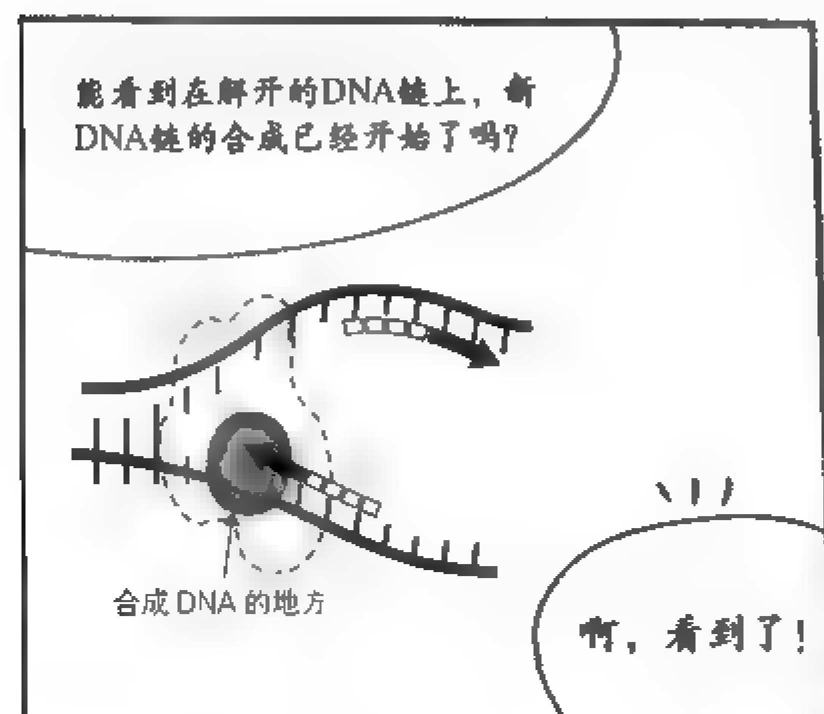
DNA，再见！

再见了！

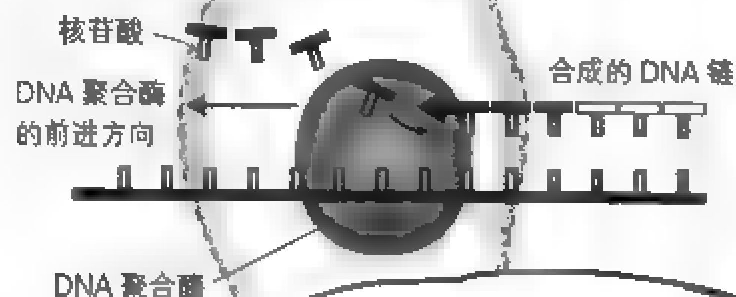

像是进入了DNA复制的准备阶段。
ザワ…
嗯？
什么在沙沙作响？
ザワ…


许多在核外的核糖体上合成的蛋白质，纷纷进入到核内。
蛋白质
DNA
许多蛋白质形成复合体后，DNA 双链就开始解开
请仔细看DNA，到处都有蛋白质在不断的结合上。
解开的 DNA 链


那么，
到DNA合成的地方去看看吧。


能看到在解开的DNA链上，新DNA链的合成已经开始了吗？
合成 DNA 的地方
啊，看到了！

在蛋白质形成的复合物中，其中之一能结合住一条链的DNA，而周围是DNA的原材料——核苷酸，不断地结合上去。



那个蛋白质正是DNA聚合酶。



请看仔细，DNA聚合酶最初合成的并不是DNA!

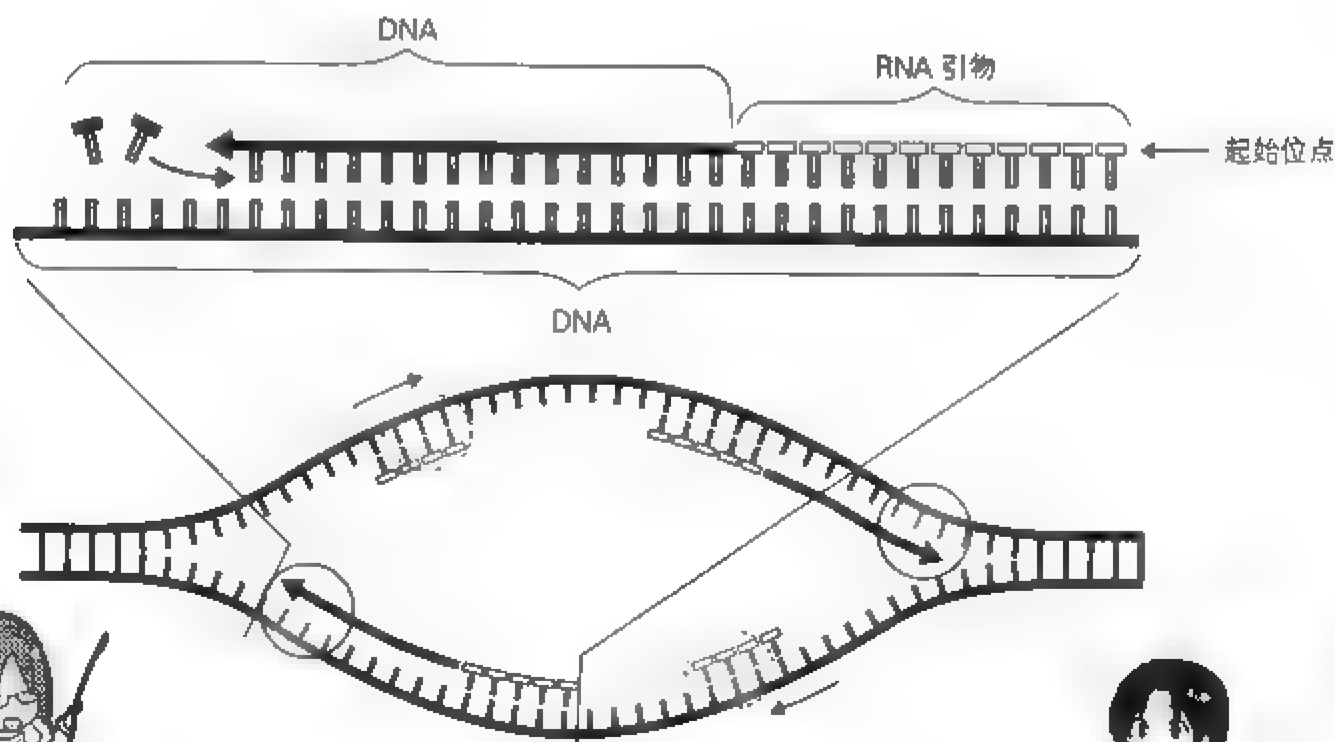




实际上，DNA的合成是在先合成一段短RNA后，才开始进行的。

最初合成的短RNA，叫RNA引物。

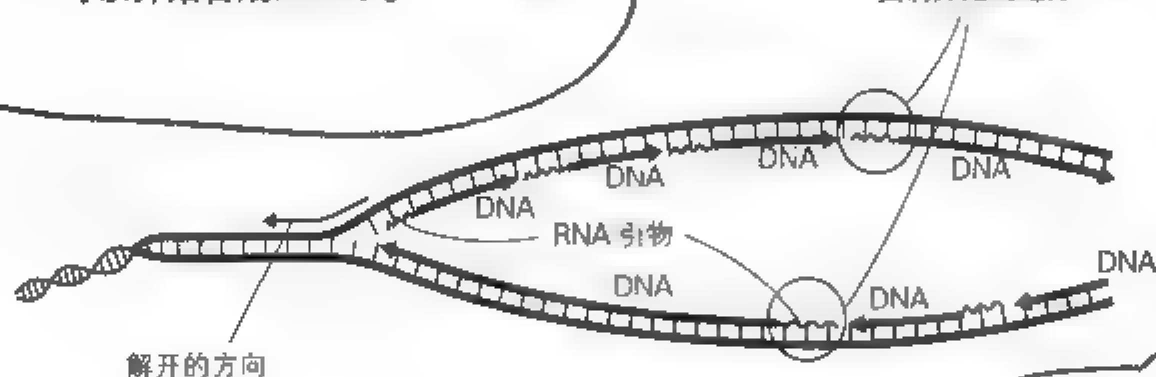








RNA引物合成后，DNA聚合酶就可以开始合成DNA了。



什么是DNA合成的前进方向？

那就是DNA的复制吧！

嗯！？

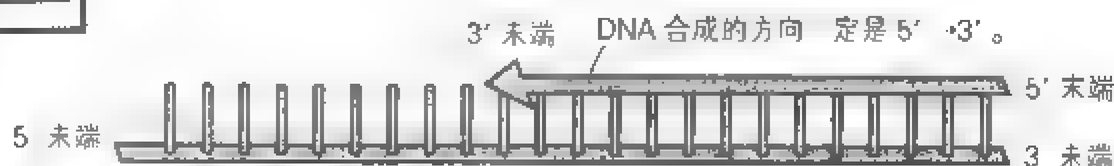
小玲怎么了？

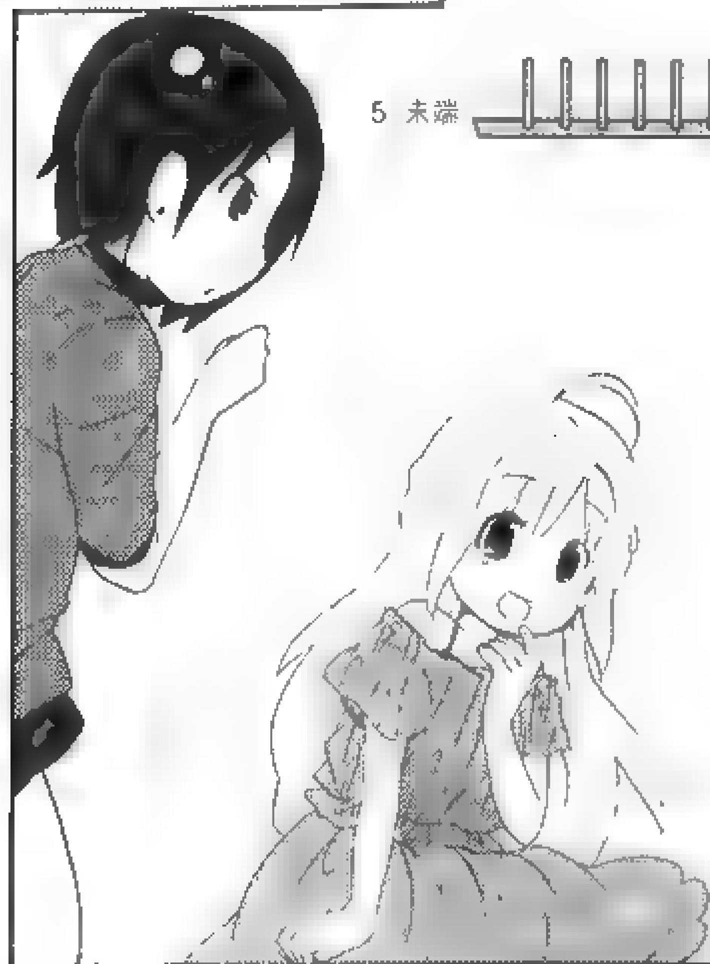
你快看！

DNA链①上，在双链解开处，不断地复制新DNA链。

DNA链②上，形成多个短的、逆向的DNA片断！





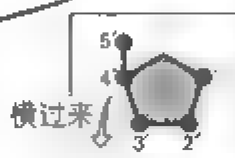




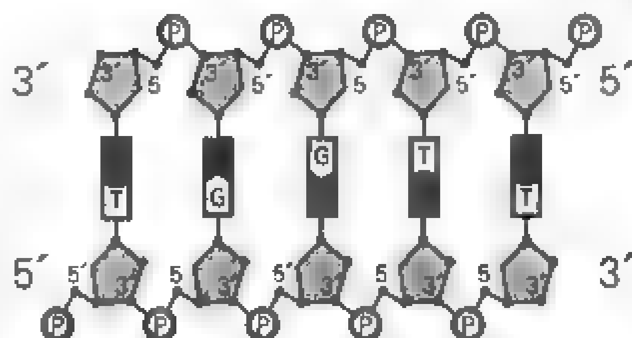


核苷酸的结构

※准确地说，“′”在这里是一种位置记号。



脱氧核糖含有五个碳原子，按顺序从1′到5′排号。
横过来

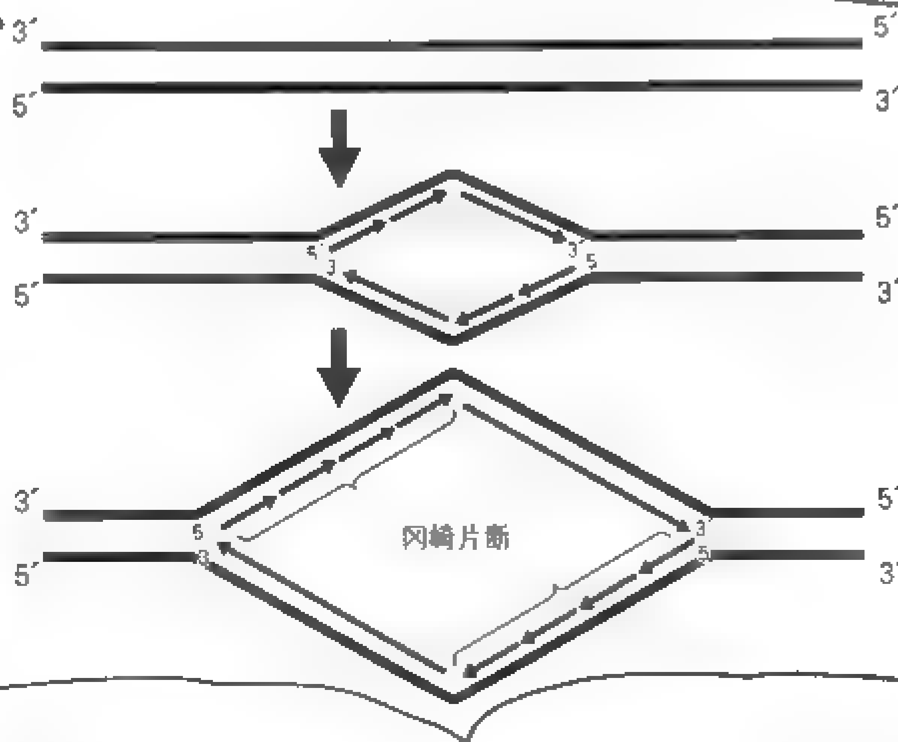




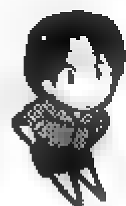
将"5′"的一侧称为"5′端"，将"3′"的一侧称为"3′端"。
是的，是这样。



DNA聚合酶在复制DNA时，只能沿着从5′端到3′端的方向进行。
因此，双链的DNA能解开成两条单链。
随着两条单链的形成，其中，一条链的复制开始按照从5′端到3′端的方向连续进行。



冈崎片断





另一条链只能按照相反的方向复制DNA。
先是形成短的DNA片断，最后连成一条完整的长链。

这些短的DNA片断是由日本的冈崎令治博士发现的，因此世界上以他的名字命名这些短片断为“冈崎片断”。

怎么样？讲到这如果都明白的话，可以说你们两个人的DNA部分就算理解了。

嗯……大概吧……

嗯……我有疑问！

为什么DNA聚合酶，只能按从5′端到3′端的方向进行DNA的复制？

嗯……说起来话长，但这次你只记住DNA聚合酶具有这种特性就行。

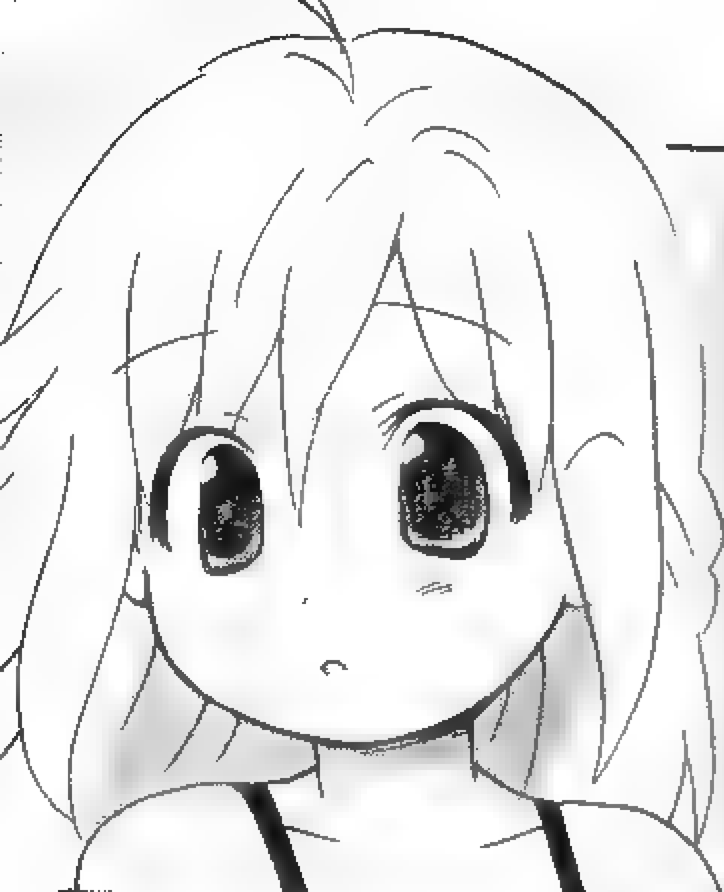
算了，还是饶了你吧！

对不起

看来即使说明了，也没有让我们理解的信心。

啊，请看！
这样所有的DNA就复制完了！


复制那么细长的DNA而不出现错误，不觉得不可思议吗?


生命……


毛吕老师也提过关于生命的话题。
任何细胞都是有寿命的，到了一定阶段都会死掉。


老师说这话的时候还有些感伤吧？
对，毛吕老师那时还挺伤感的样子。
……


可能是不舒服吧？
不舒服！
…………

③ 什么是染色体

❖ “染色”体是用色素染色后能看见的



细胞分裂的主角是**染色体**。



什么是“染色体”呢？

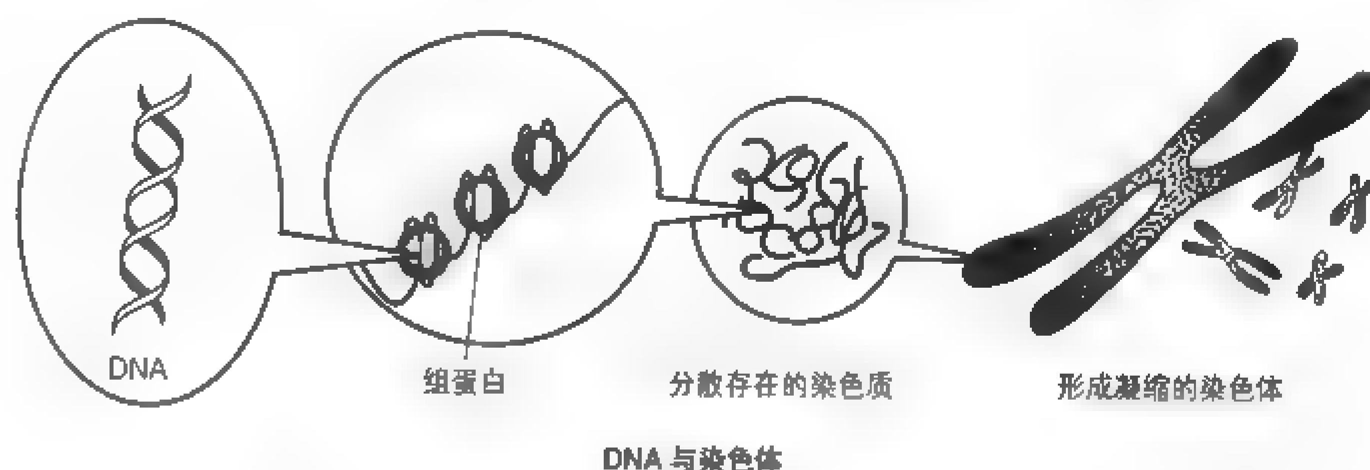


染色体就是细胞分裂时，在细胞中央聚集的“软乎乎的”东西，分裂时一下子就分裂成两个。染色体上含有遗传信息。

DNA通常结合到被叫做“**组蛋白**”的蛋白质上，形成细长的染色质结构。在第1章中讲过“念珠结构”，还记得吗？组蛋白的周围被DNA缠绕1.7周，形成一个念珠结构，无数的念珠结构连接在一起形成的基因结构物通常称为染色体。

每个“念珠”，也就是核小体，都是由1个含有H2A、H2B、H3、H4四种组蛋白的8分子组蛋白核心，以及缠绕在核心外的DNA双链组成的。

染色质常分散存在于细胞核内，即使用光学显微镜也很难看到，但当它发生凝缩形成粗的、棒状的染色体结构时，就能看到它了。



DNA 与染色体



染色体在19世纪就已经被发现，由于它易于被碱性色素染色，因此取名为染色体（chromosome）。

❖ 人有24种染色体

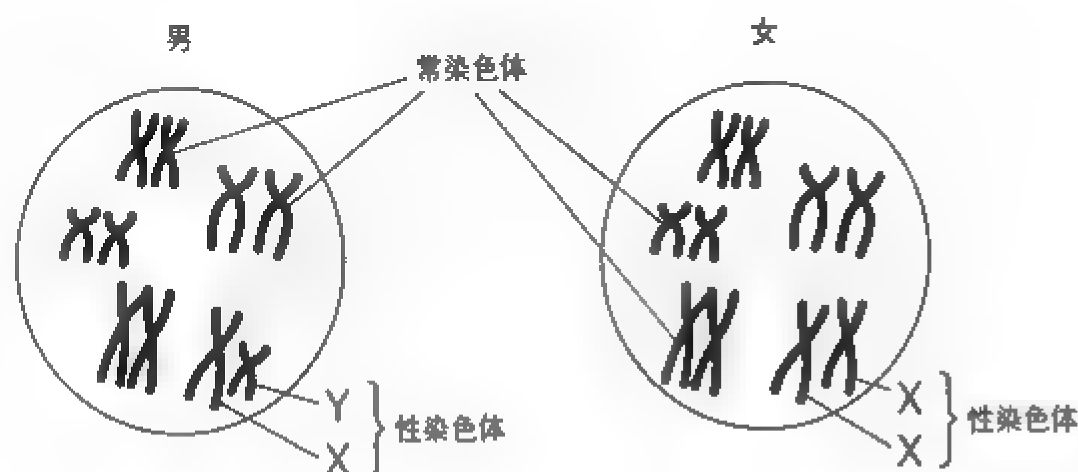


染色体的种类（数量）因生物种类的不同而异，但它不会因为是高等生物染色体的数量就多。人有24种染色体。

24种染色体中，其中22种称为“常染色体”，几乎所有细胞的染色体都是由两条染色单体组成。为什么是两条染色单体呢，因为一条来自父本，另一条来自母本。

常染色体是按染色体的大小顺序排列成1至22号的，因此通常叫“……号染色体”。其他的两种染色体通常叫“性染色体”，它包括“X染色体”和“Y染色体”。

性染色体，顾名思义就是区分男女性别的染色体。如下图所示，男性的细胞中有X染色体和Y染色体各一条，而女性的细胞中有两条X染色体，没有Y染色体。



❖ 细胞处于分裂期时，染色体会发生凝缩



细胞分裂期，复制的DNA与组蛋白一起发生很有规律地凝缩，形成很粗的染色体。只有这时细胞才会出现凝缩成很粗的染色体结构。

很厚的布，用剪子剪成两部分是很困难的，相比之下，反复折叠更简单易行。DNA就是这样，在核内分散存在，只有凝缩成很粗的结构时，细胞才易于分裂。

那么，咱们就再现一下细胞分裂的情形吧。

④ 有活力的细胞分裂



DNA复制完了。进入下一个阶段。



DNA复制完后，细胞就要为进入实质性的“分裂”期做准备。细胞分裂包括细胞核分裂和细胞质分裂两部分。

❖ 细胞核分裂就像是被扯断的线



细胞核是DNA的储存库。细胞分裂首先是细胞核分裂成两个，这个过程叫做细胞核分裂。



细胞核分裂难道就像原子力发电一样，一下产生很大的放射能？！



在体内？啊——



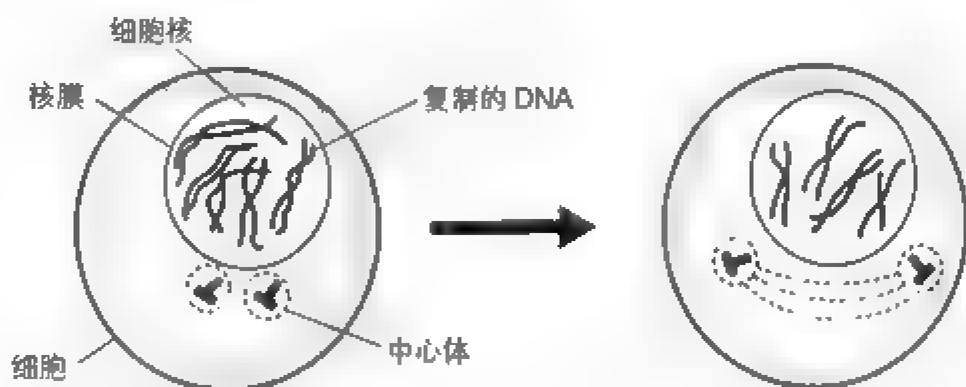
不，细胞的核分裂不产生放射能，请放心。



哦……

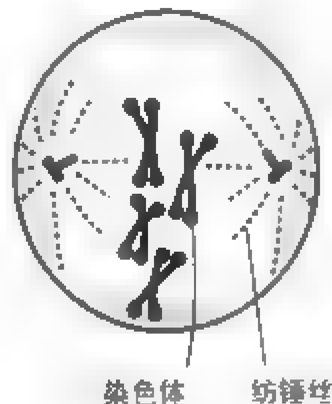


细胞核分裂，首先是复制的DNA发生凝缩，形成像X型。然后是位于细胞核旁的中心体，开始向两极移动。





细胞核分裂，首先是细胞核的消失。因为在细胞核的外围还有核膜，它破裂后以小膜泡的形式分散到细胞质中。





瞧！中心体的形态在变！



是的，移向细胞两极的中心体，开始发射出“纺锤丝”，纺锤丝是细长的微管纤维。

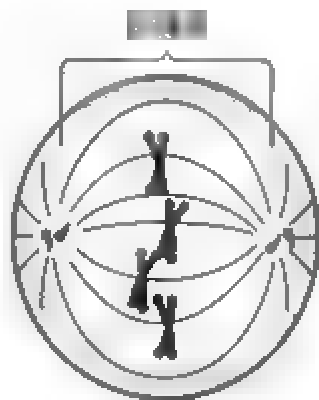


核外围的核膜消失，复制后凝缩的DNA，犹如是在细胞质的海洋中 ·样。这个过程具有重要的意义。

染色体发生凝缩，形成粗的棒状结构，两极的中心体发射出的纺锤丝，紧紧地粘附在染色体的中央部位。这时，假如说有核膜存在的话，反而会很困难。

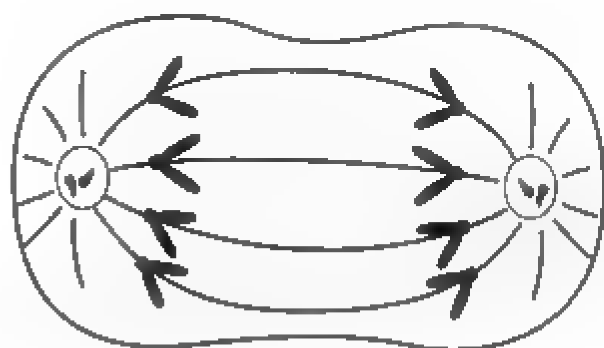
实际上，核膜的消失还有其他的理由，它与DNA为什么只能复制一次有密切的关系。

为什么纺锤丝能紧紧地粘附在染色体上，你们知道吗？这对细胞分裂来说是非常重要的。





这时，染色体移动到细胞的中央，几乎呈一字排列。·字排列的染色体被联接在两极发出的纺锤丝上，整个结构形成一个细长的纺锤状，就叫纺锤体。

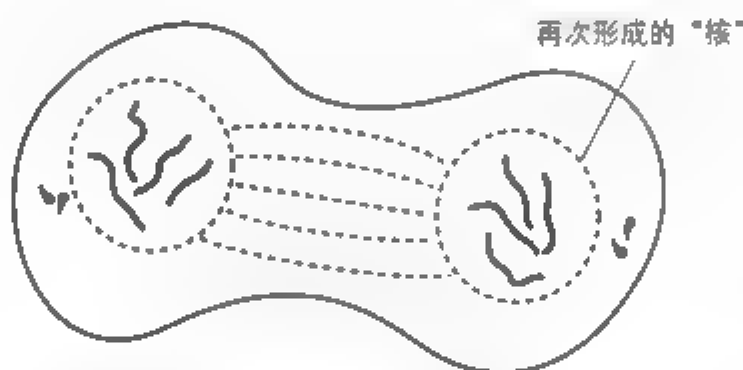




联接染色体的纺锤丝，将染色体向细胞的两极拖拽，排列在细胞中央的染色体开始向细胞的两极分离。



分离到两极的染色体，为了恢复到原来的状态，又开始分散，那种形态是在显微镜下看不到的。然后是重新形成细胞核膜，在两极出现“核”的形状。



就这样，细胞核分裂即包括核、染色体的分裂，同时还包括牵引染色体的纺锤丝的扯断。细胞分裂过程中因为有纺锤丝的出现，所以我们把这个分裂过程称为有丝分裂。

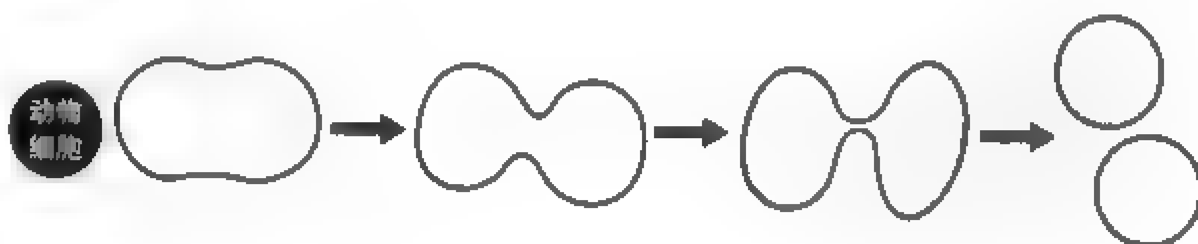
❖ 细胞质分裂是细胞中央变细，再完全分裂成2个细胞



植物细胞和动物细胞的分裂方式相同吗?



它们在细胞核的分裂方面是几乎相同的。但在细胞质的分裂方面，动物细胞和植物细胞就有很大的不同。动物细胞首先是在细胞的中央变细，随着中央越来越细，最后直至细胞质分离，形成两个圆饼状，从而分裂为两个子细胞。





由于植物细胞的外围有一层叫做细胞壁的物质覆盖着，所以它就不能像动物细胞那样分裂。植物细胞进行分裂时，在细胞的正中央会形成壁一样的胞间层，胞间层逐渐变大，就将细胞一分为二，这就是植物细胞的分裂方式。



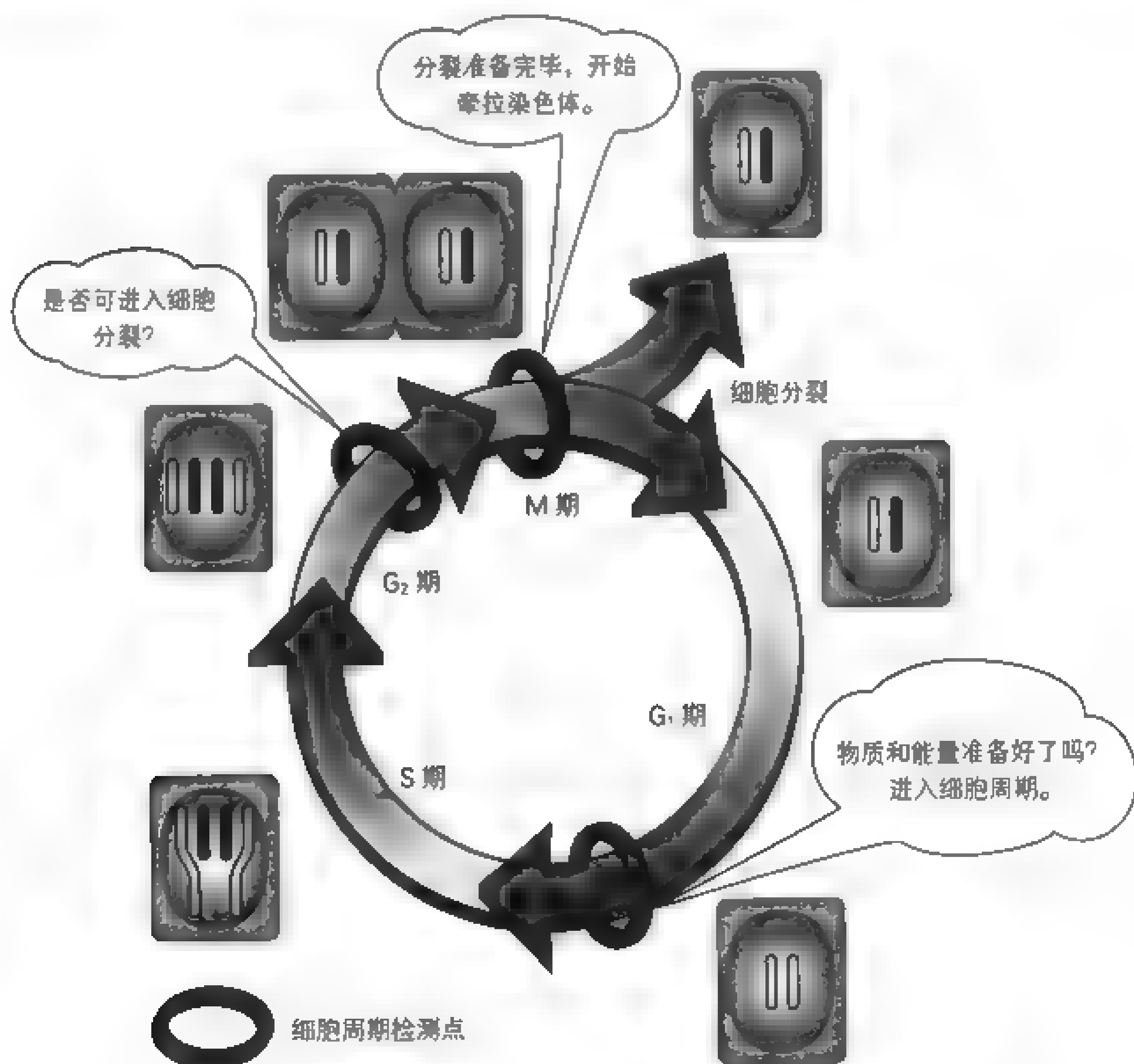


随着细胞分裂的完成，DNA就平均地分配到两个子细胞中去了。

5 什么是细胞周期

细胞中有的能反复多次地进行分裂，而有的并不能这样。请看本章的开始部分，在皮肤深层的基底细胞（参照P107），就是其中一种能反复多次进行连续分裂的细胞。毫无疑问基底细胞也是有寿命的，在人的老年阶段，基底细胞不能继续进行分化所以人的皮肤就会衰老。

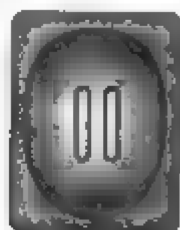
正如在本章所学的，细胞的分裂包括DNA的复制、染色体凝缩、核膜的消失、纺锤体的形成、细胞一分为二等不同的过程，都是按照规定步骤和要求进行的。



多次进行分裂的细胞，这些步骤就反复地重复。

像这样细胞经历一系列的步骤，也就是经过1次细胞分裂的循环过程就叫**细胞周期**。细胞周期如下所示，包括4个不同的阶段：G_1期，S期，G_2期和M期。

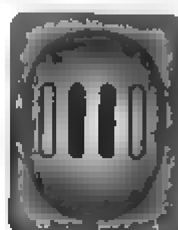
G_1期：是DNA复制的准备期。



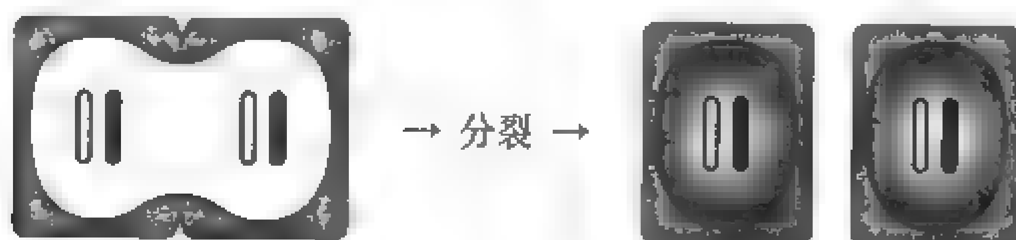
S期：是DNA的复制期。复制也就是合成新的DNA。合成的英文是synthesis，所以取它的第一个字母S，即称为S期。



G_2期：是分裂的准备时期。



M期：也就是细胞分裂期，包括细胞核的分裂和细胞质的分裂。细胞分裂的英文是mitosis，取它的第一个字母M，就称M期。

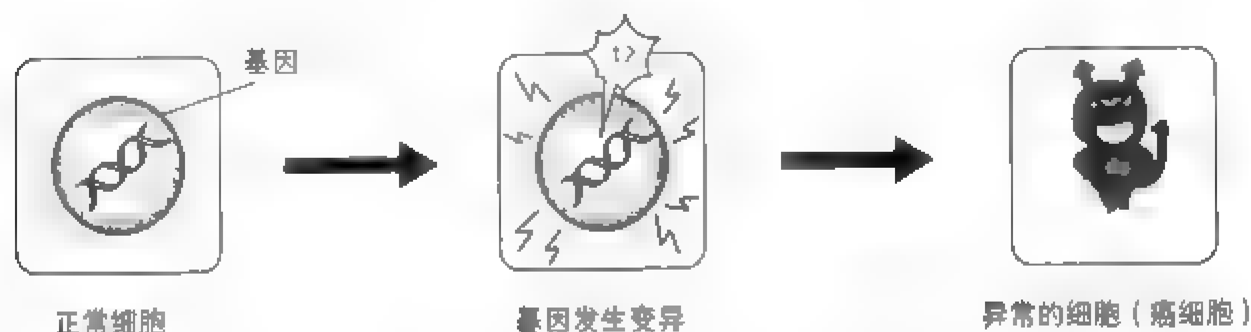


G_1期和G_2期是存在于M期到S期、S期到M期之间，间隔gap的第一个字母是G，为了区分，就分别取名为G_1期和G_2期。

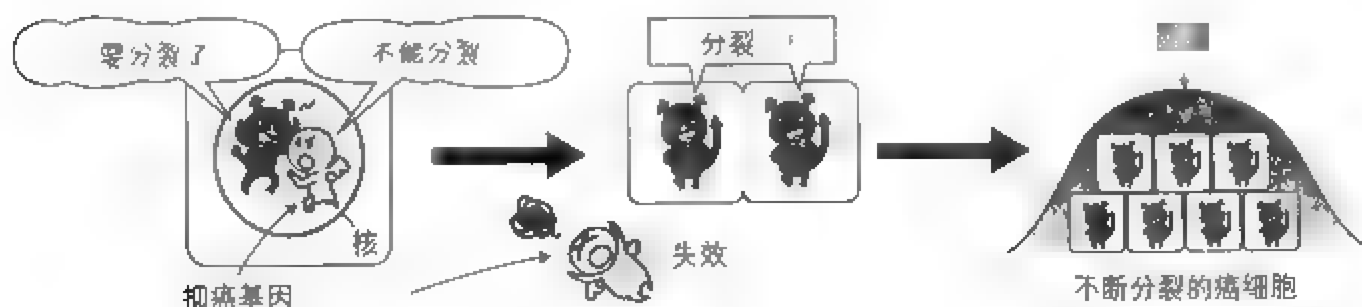
6 癌是如何形成的

癌细胞原本是我们体内活动的正常细胞，但由于突发异常，大量繁殖而给周围细胞带来了坏的影响。癌细胞不断增殖、积聚，直到我们肉眼能看到程度的大小时，就成了通常所说的“癌”。

正常细胞转变成癌细胞有各种各样的原因，最常见的是由于某些基因发生了变异，使细胞不断分裂、增殖。



癌细胞能不断地分裂、增殖，是因为它失去了正常细胞的制动器（抑癌基因）功能，在癌细胞中，发挥这种制动器功能的蛋白质失效了。如果制动器失效了，细胞就可以任意增殖，从而成为癌细胞了。



另外，还有些癌细胞，在分裂过程中起加速器作用的蛋白质出现了问题，使加速器的功率连续保持在最大化，分裂达到了最旺盛的程度，即使制动器发挥最大的功能，也不能遏制这种分裂。

细胞分裂反复不断地进行，就形成了“癌”，从而影响了组织和器官的正常功能。

在多细胞生物中，细胞形成的、具有生命活动规律的有机体，就像一个社会，一个国家一样。因此，每个细胞都在为保证这个社会、这个国家的秩序稳定而努力。需要时进行分裂，不需要时就停止分裂，每个成员都在完成各自被赋予的使命。

因此，正常细胞是被严格控制而不能随便分裂的。控制得当，细胞分裂的循环，也就是前面讲到的细胞周期就能正常进行。否则，失控的话，就会产生癌细胞。

第 4 章

蛋白质是如何合成的

1 基因的转录

❖ 蛋白质是如何合成的




毛吕老师还在吧？
什么呀？
在说什么呢！？




什么声音？
电视吗？

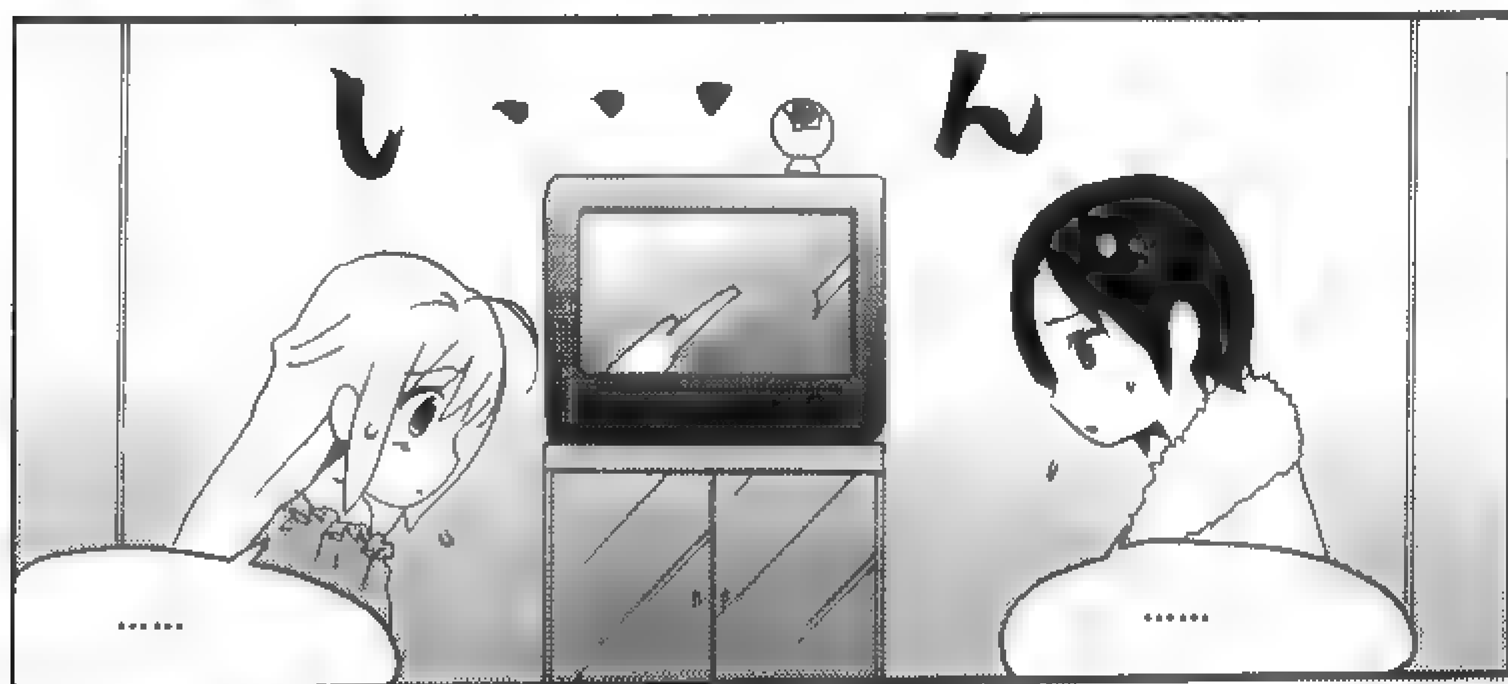

看看……


你说毛吕老师怎么了？


想……


我想……说不定毛
吕老师已经和这个
世界……
啊
啊
不会吧……

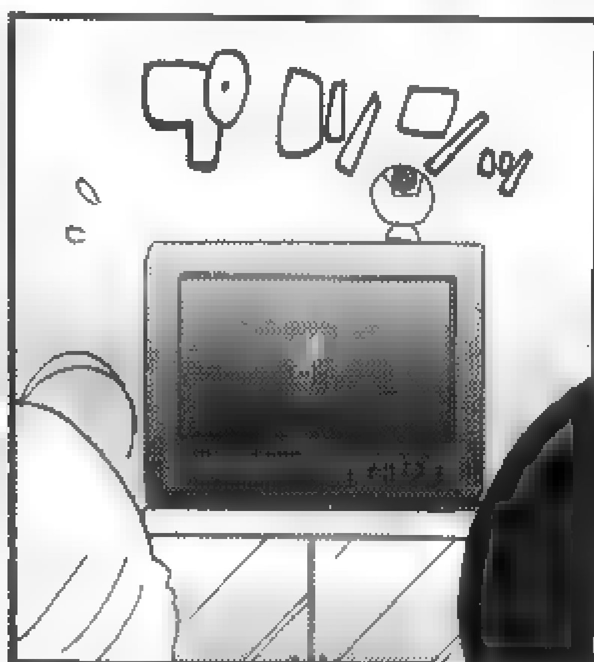
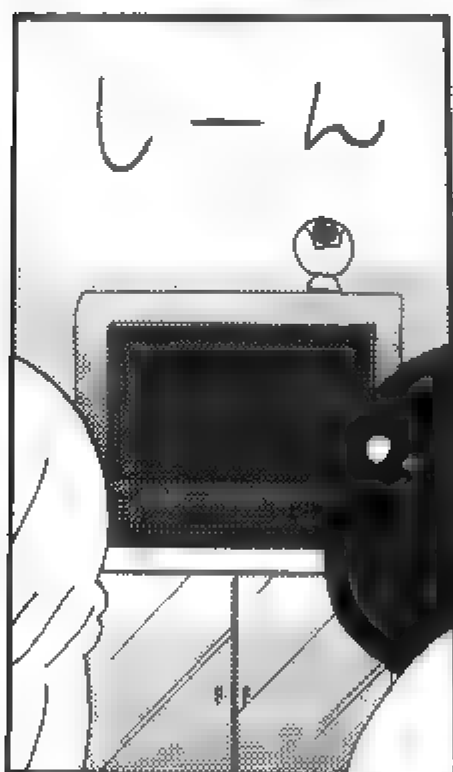

不过，老师出来的全是演
示映像，也不能说服人！
确……确实。


し・・・ん
……
……

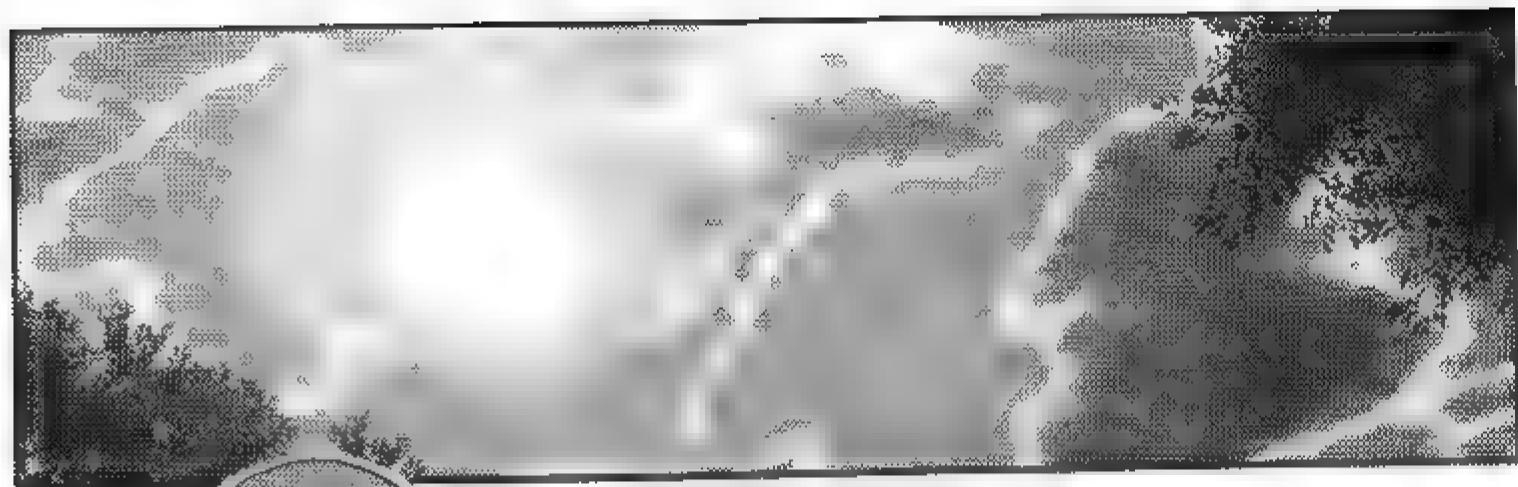

笨蛋！
非要我出来确认吗！？
啊……啊！！

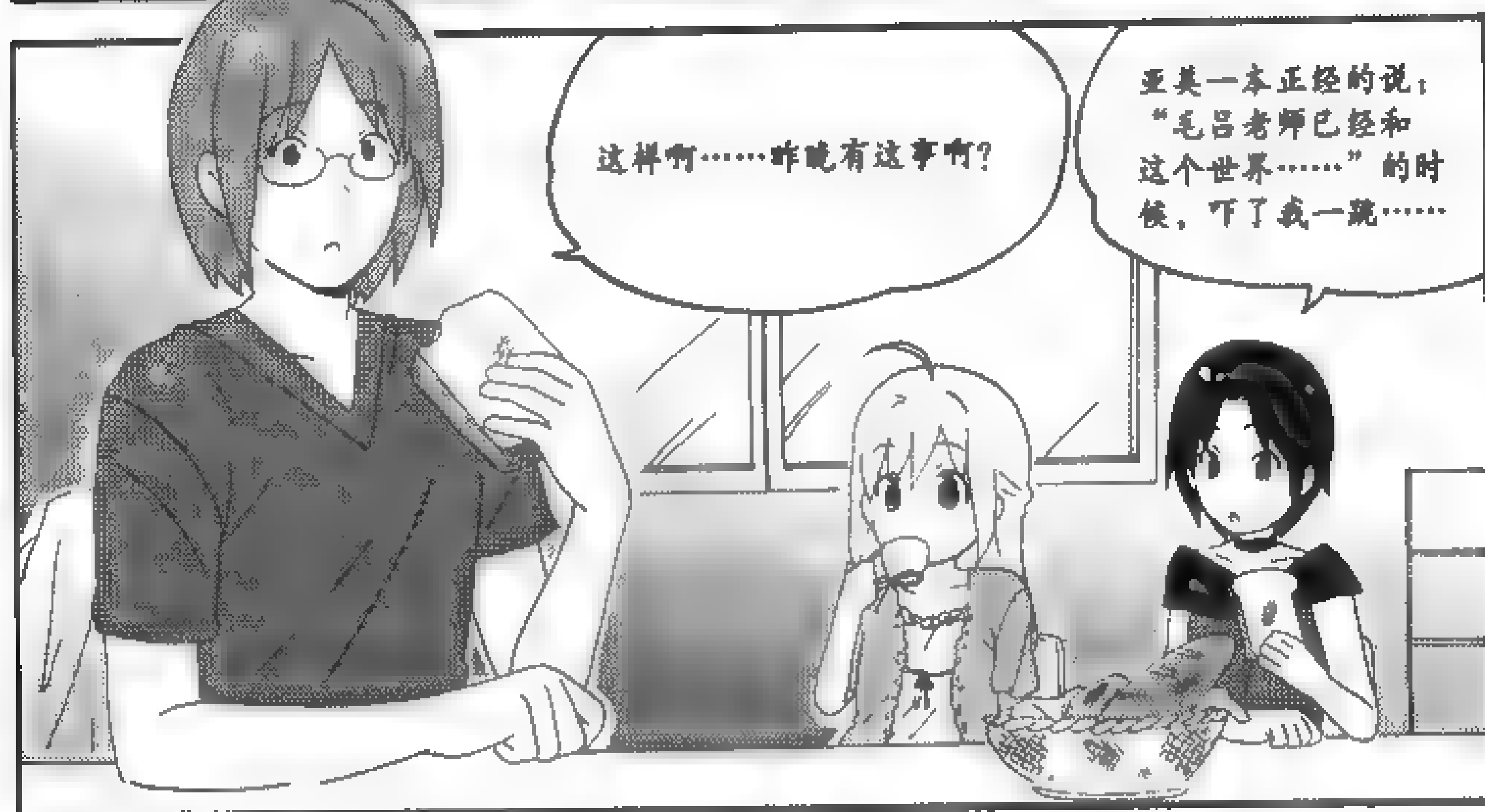

毛吕老师！
因为研究很忙，我只能偶尔与你们见一面！

原来……
既然是电视电话的话，就早告诉我们一声嘛！

换衣服的时候也不会接电话啊！
切！


しーん

都看到了！？
呵呵……

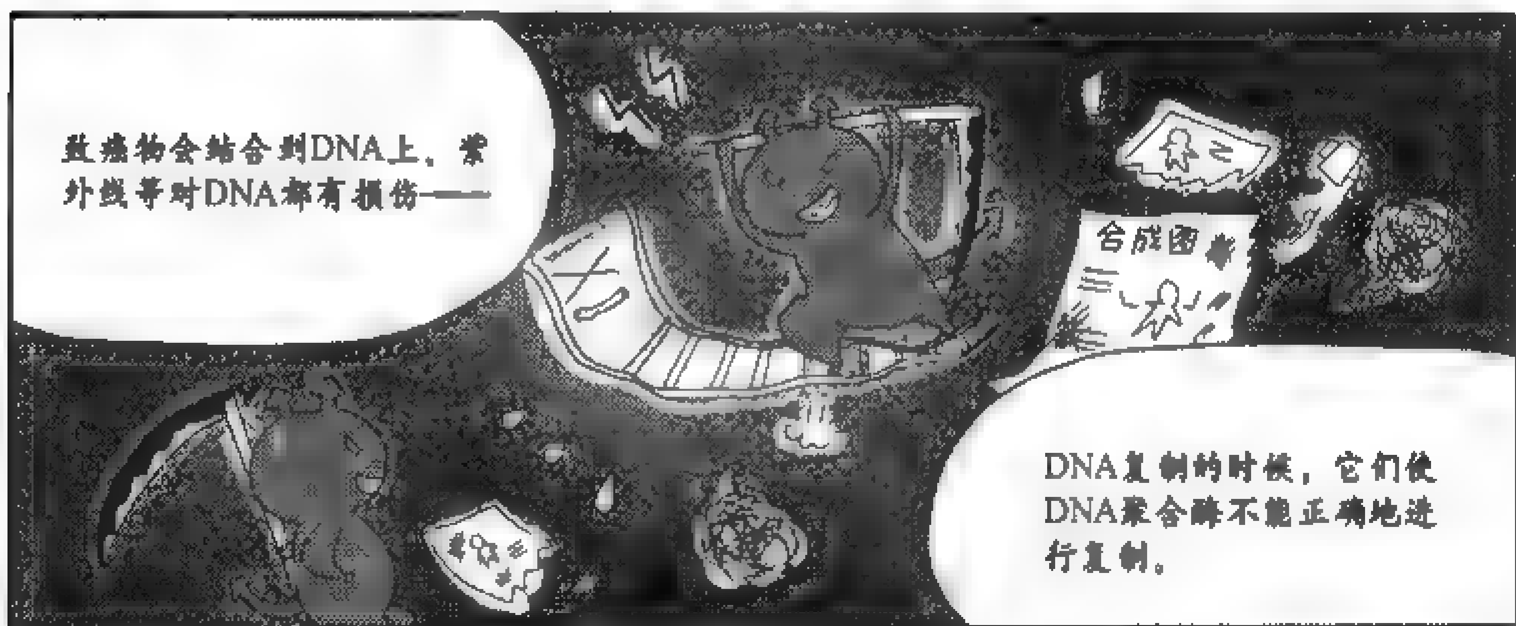



亚美一本正经的说："毛吕老师已经和这个世界……"的时候，吓了我一跳……
这样啊……昨晚有这事啊？


哈……对呀！


那位坏坏的先生是不会这么轻易死的！


不过，生病和事故是不会选择人的。
还有许多疑难杂症得不到解决。

比如说威胁我们生命的疾病就有癌症。

致癌物会结合到DNA上，紫外线等对DNA都有损伤——
合成图
DNA复制的时候，它们使DNA聚合酶不能正确地进行复制。

如果是在基因的重要部位，将会产生错误的基因，从而导致癌症等疾病的发生。
为什么基因出错就会得病呀？

那是因为基因出现错误，就会导致翻译的蛋白质的结构和性质出现错误。
而行使正常功能的蛋白质就不能产生。

基因是蛋白质的合成图吧。

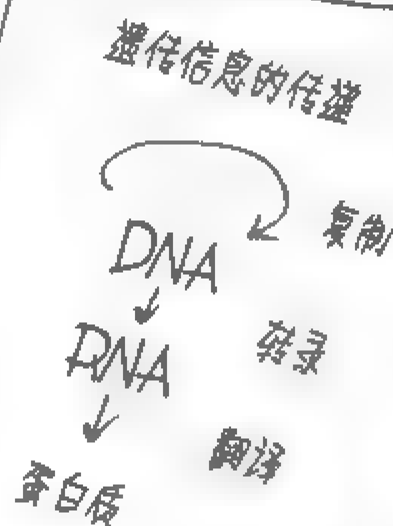
血红蛋白就是这样，如果一处出错，就会引起病变。

那么……，是谁看着合成图来完成蛋白质的组装的？

那将是我们接下来要学习的内容。

❖ 什么是转录

完成蛋白质的合成需按以下的流程进行。



遗传信息随着DNA的复制，传递给子代细胞或个体。

那些遗传信息，在各自的细胞中从DNA转录成RNA，再根据RNA合成蛋白质。

如果说DNA是蛋白质的合成图的话，
那么RNA就是合成蛋白质的说明书。



从合成图到说明书的过程就叫
"转录"。

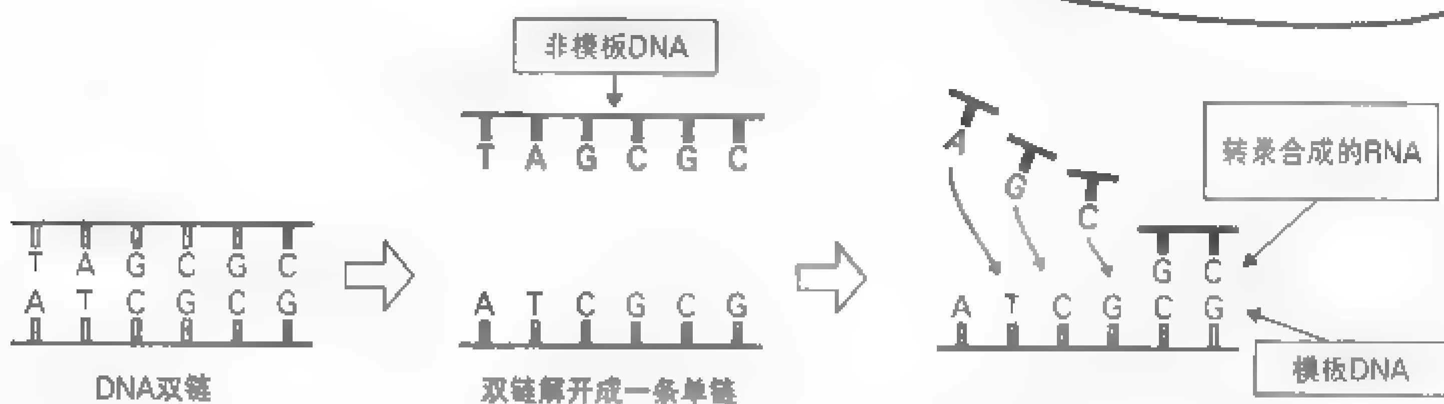
昨天我们学习了"复制"，那么
接下来就去学习"转录"吧。



转录就像是T恤衫上的
熨斗印一样。

对的……不过这里所说的
"转录"有点不同。

RNA是以DNA上的碱基为模板
转录合成的。



……

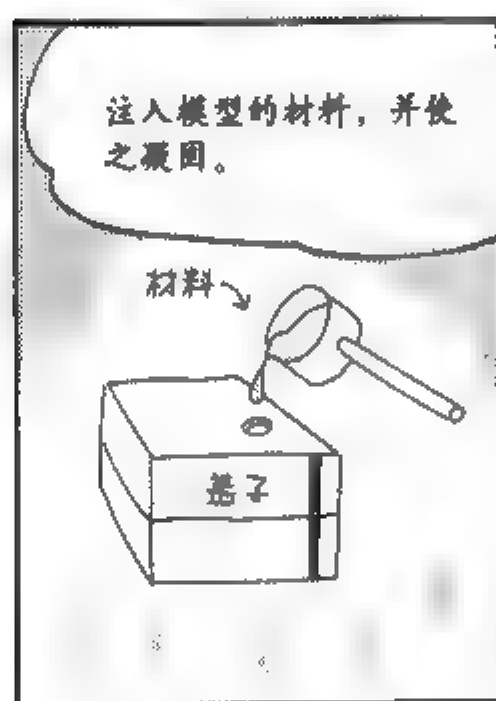
ぷしゅ～

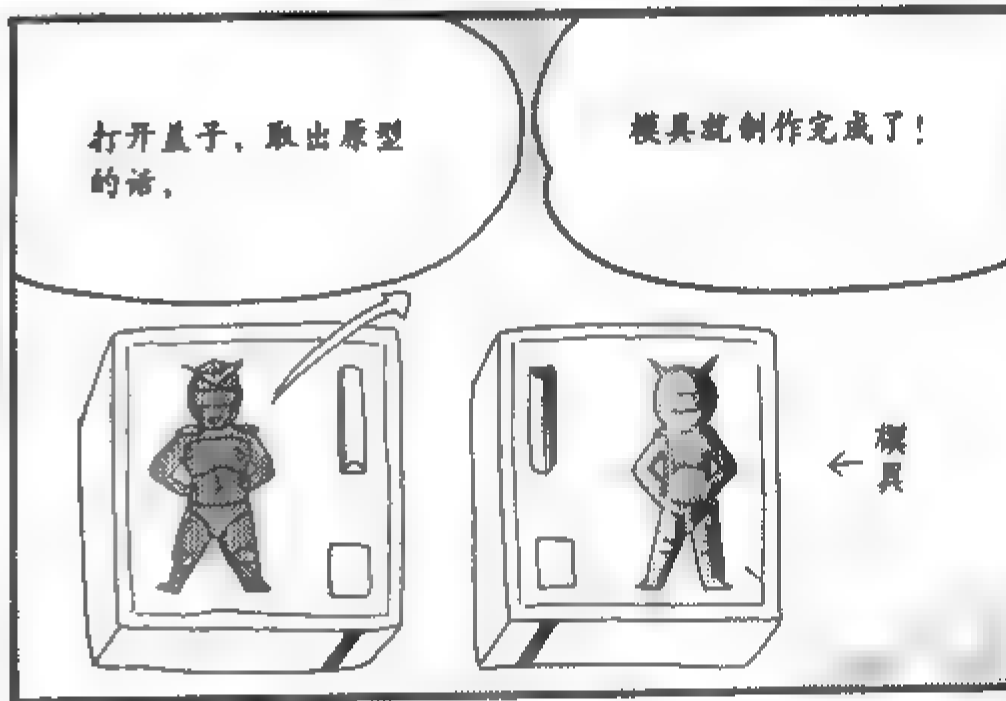
那我来说明吧。



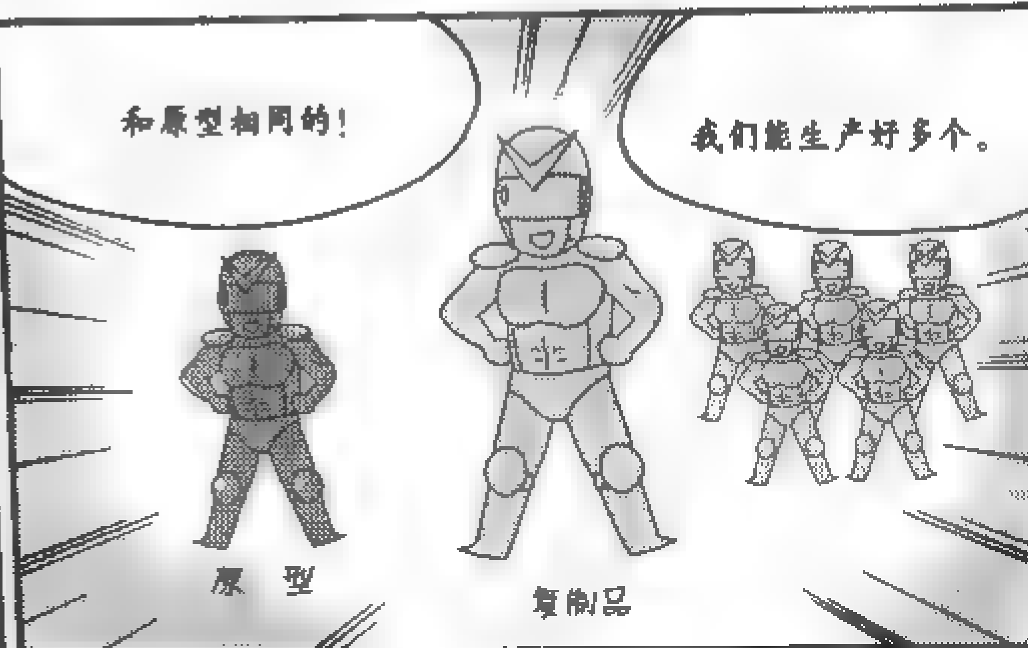

大批量的生产模型时，首先需要制作原型。
哇……
蛋白骑人的原型


将原型放入模具盒内。
盖子
接下来制作模具。
盖上盖


注入模型的材料，并使之凝固。
材料
盖子

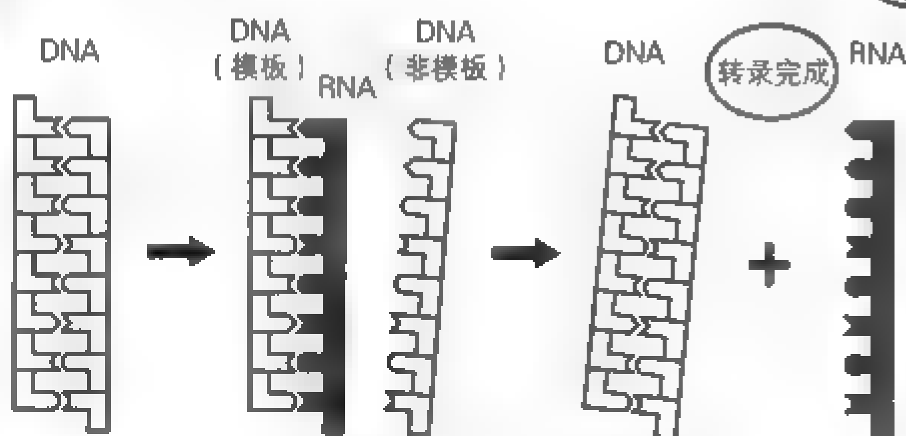

打开盖子，取出原型的话，
模具就制作完成了！
模具


盖上盖，注入模型的材料，
盖子


和原型相同的！
我们能生产好多个。
原 型
复制品

从DNA转录成RNA，和这个制作方法有些相似。

以DNA为模板，合成RNA。



明白了……

这是遗传信息的转录，在第1章中已经提过。

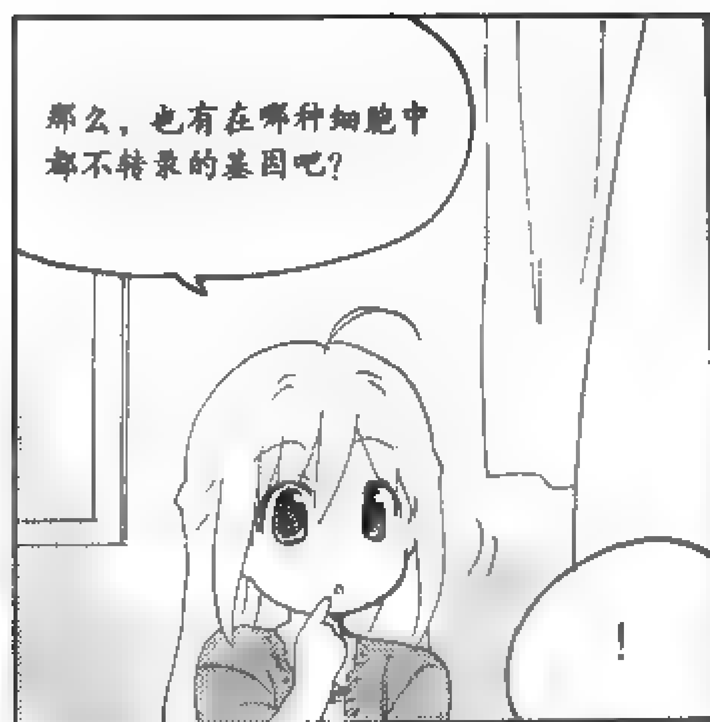
基因转录成RNA，是进入合成蛋白质工艺的初始阶段。

实际上被转录的基因，因细胞种类的不同而有所不同。

欸

是否在所有的细胞中都转录相同的基因……

有的是只在神经细胞中才转录的基因，而有的是只在肝细胞中才转录的基因。


那么，也有在哪种细胞中都不转录的基因吧？
！


怎么了，黑雅君？
啊……好尖锐的问题呀。


实际上，在我们的DNA中，有很多基因不进行转录，它们处于休眠状态。
了不起呀，亚美！偶尔也会灵光一现！
不是偶尔！是智慧的涌现！


对，对。
有些基因被认为在进化的过程中，丧失了它的功能，这些基因被称作是“假基因”。

也可以说是“基因的残骸”或“基因的化石”。

基因的化石……，听起来有些神秘色彩。

丧生功能的假基因，有可能在不为我们所知的某些地方发生转录，并发挥功能……

学习分子生物学，我们才刚刚入门而。

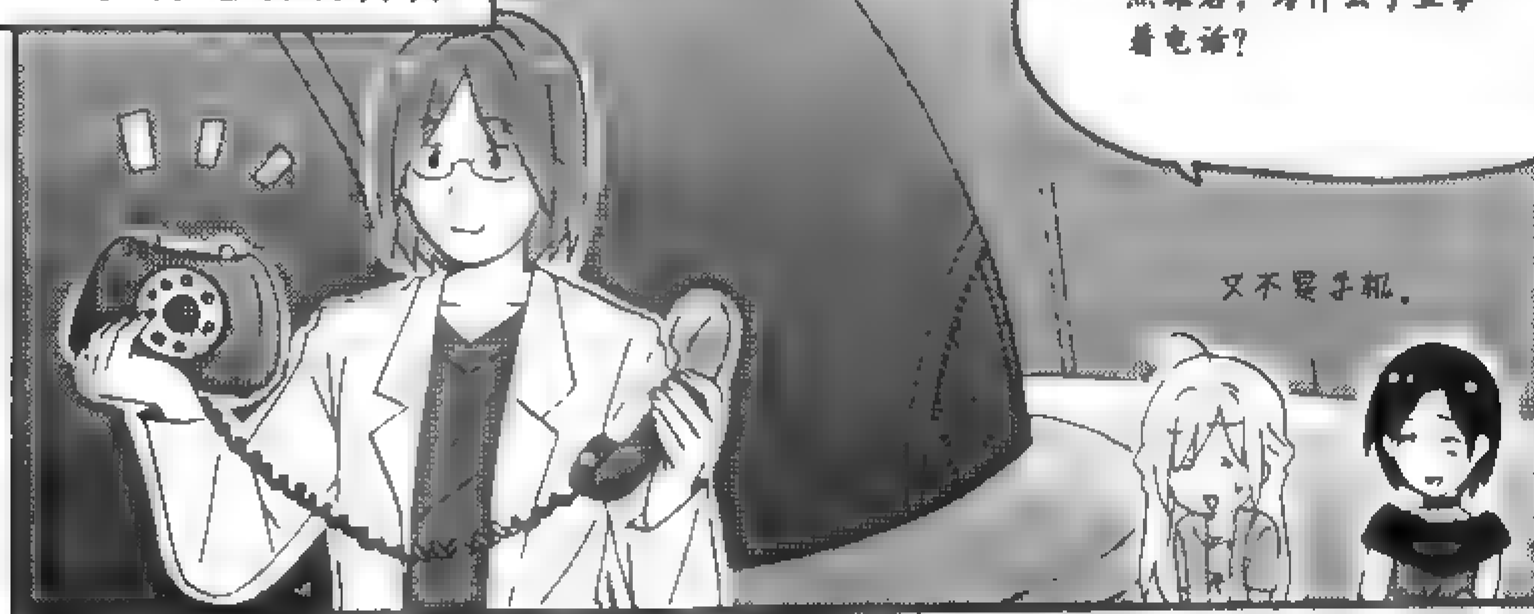
虽说偶然，但假基因的发现……

为了不使你们感到困惑，我们不讨论了吧。

实际上，在假基因当中，有的能进行转录，有的甚至还作为基因发挥功能。这一点要注意！

② 染色质与转录的过程

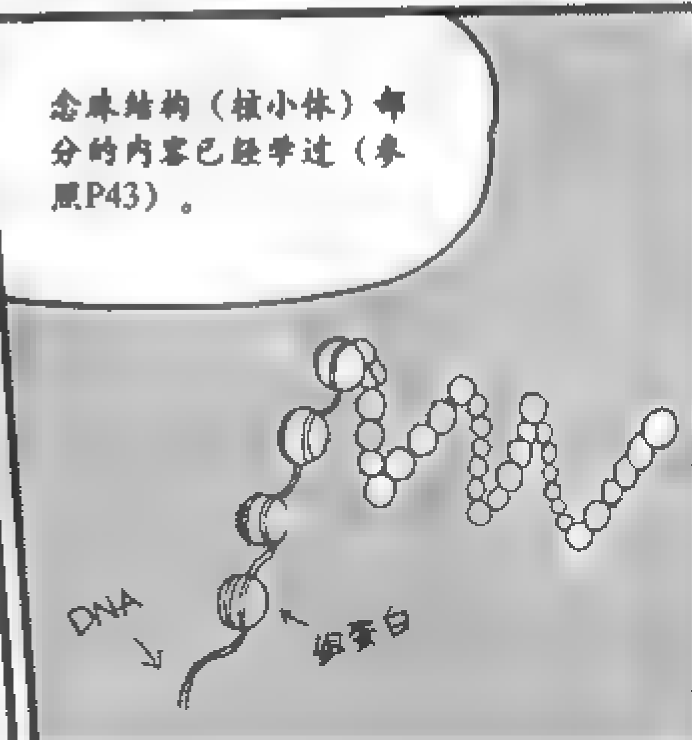
❖ 拉伸电话线看看







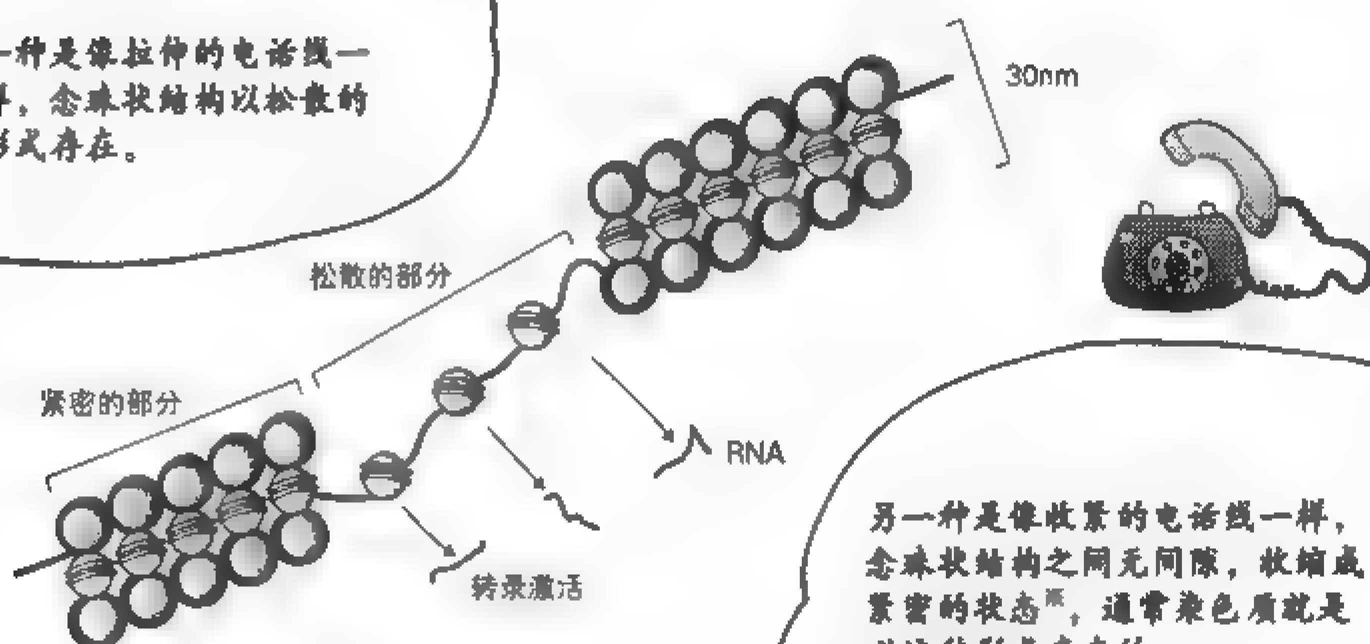




许许多多的念珠状结构串联在一起，形成染色质。

念珠

这个染色质，其存在形式大致有两种。



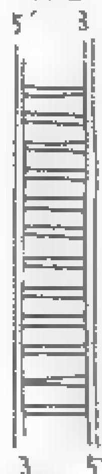


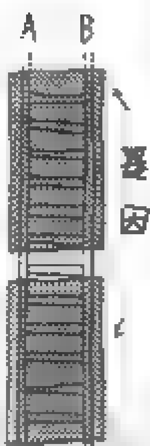
※染色质通常不发生基因转录时，以凝缩成更加紧密的状态存在，称之为异染色质。

❖ mRNA是以双链DNA中的一条DNA链为模板合成的

DNA 是两条链按相反的方向排列的，基因是其中的一部分。





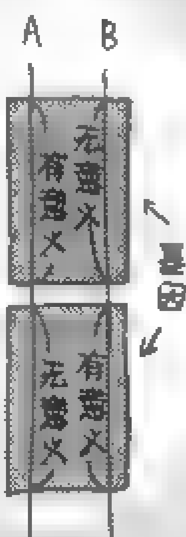


基因也就是蛋白质的合成图，是在DNA链上具有意义的碱基序列。

与其互补配对的碱基序列组成另一条链，DNA以这种双链的形式存在。

双链DNA如果分为A、B链的话，基因有些存在于A链中，而有些则存在于B链中，以这种分散的方式存在。

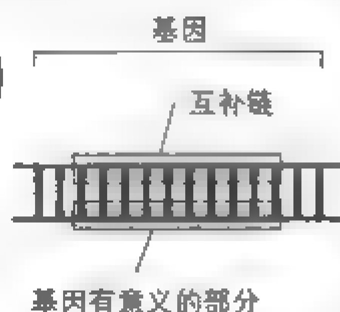


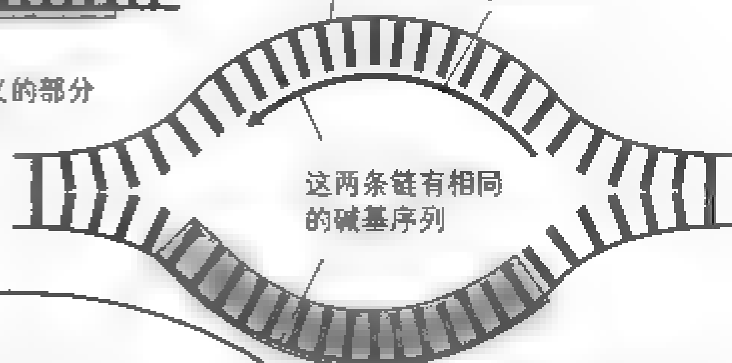


遗传信息转录成RNA，作为基因无意义的部分，也就是互补配对的另一条链，起到模板的作用。



基因的DNA互补双链中，编码蛋白质的那条链，即有意义的DNA链称为有义链或正链。

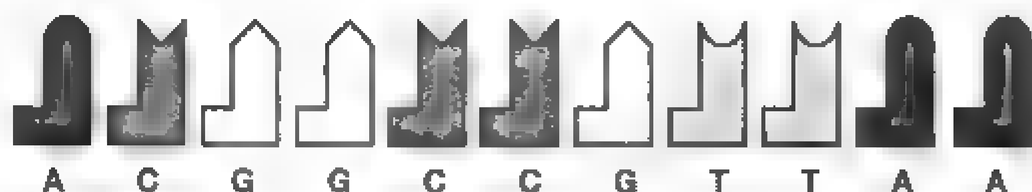




作为合成RNA模板链的DNA称为反义链。合成的RNA的碱基序列含有基因的部分，

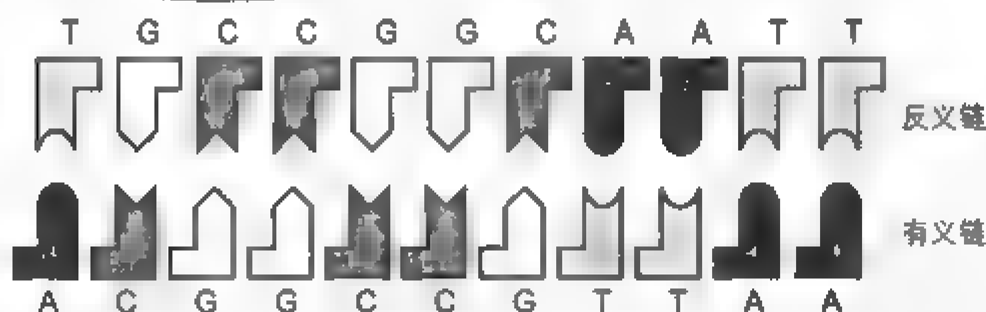
也就是与有义链的碱基序列相同。

也就是合成的RNA链是含有基因部分（有义链）的“复印品”

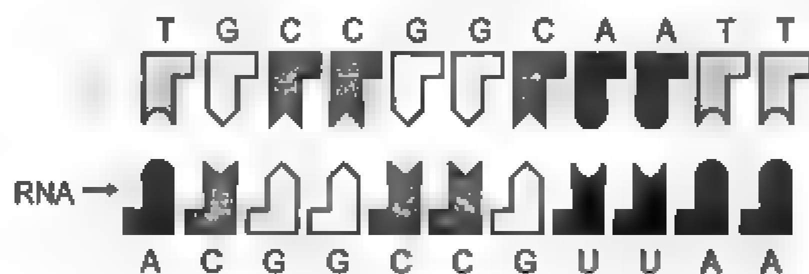


在第3章已经讲过，如果有义链的碱基序列是“ACGGCCGTTAA”的话——

反义链的碱基序列就应该是“TGCCGGCAATT”。



以“TGCCGGCAATT”为模板，合成的“ACGGCCGUUAA”链，是与有义链具有相同碱基序列的RNA。



注：举例说明的是反义链DNA，而与之互补的DNA链就是有义链原型。

嗯……

亚美，没懂吗?





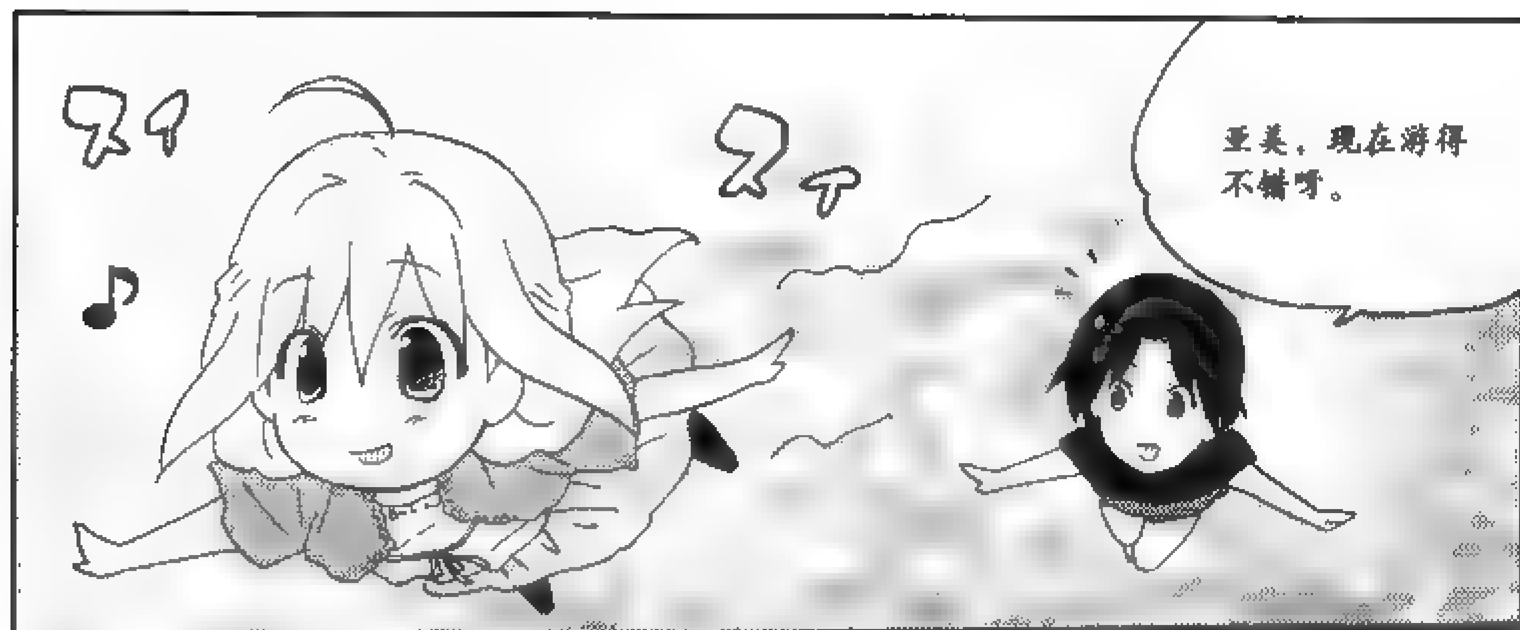




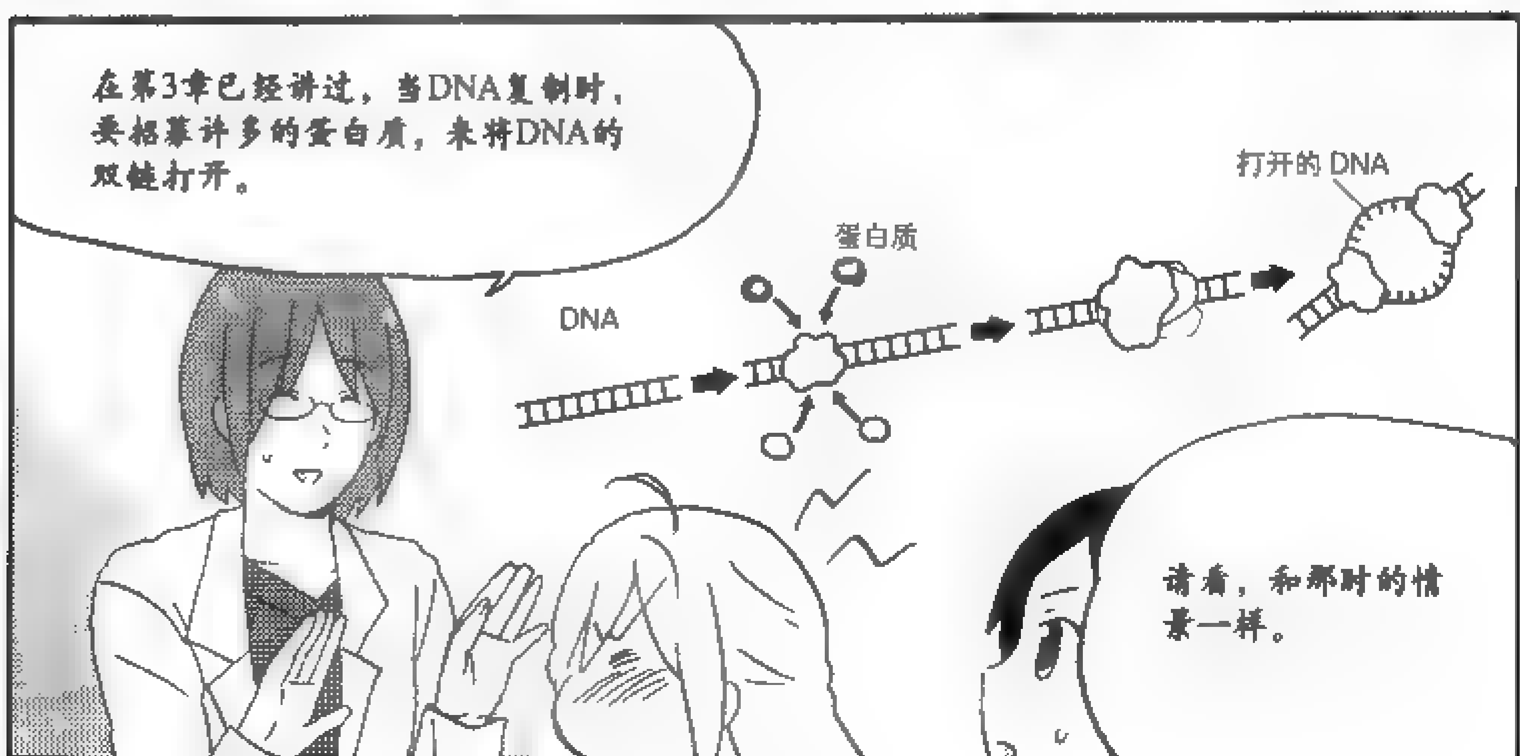
❖ 转录遗传信息的是RNA聚合酶

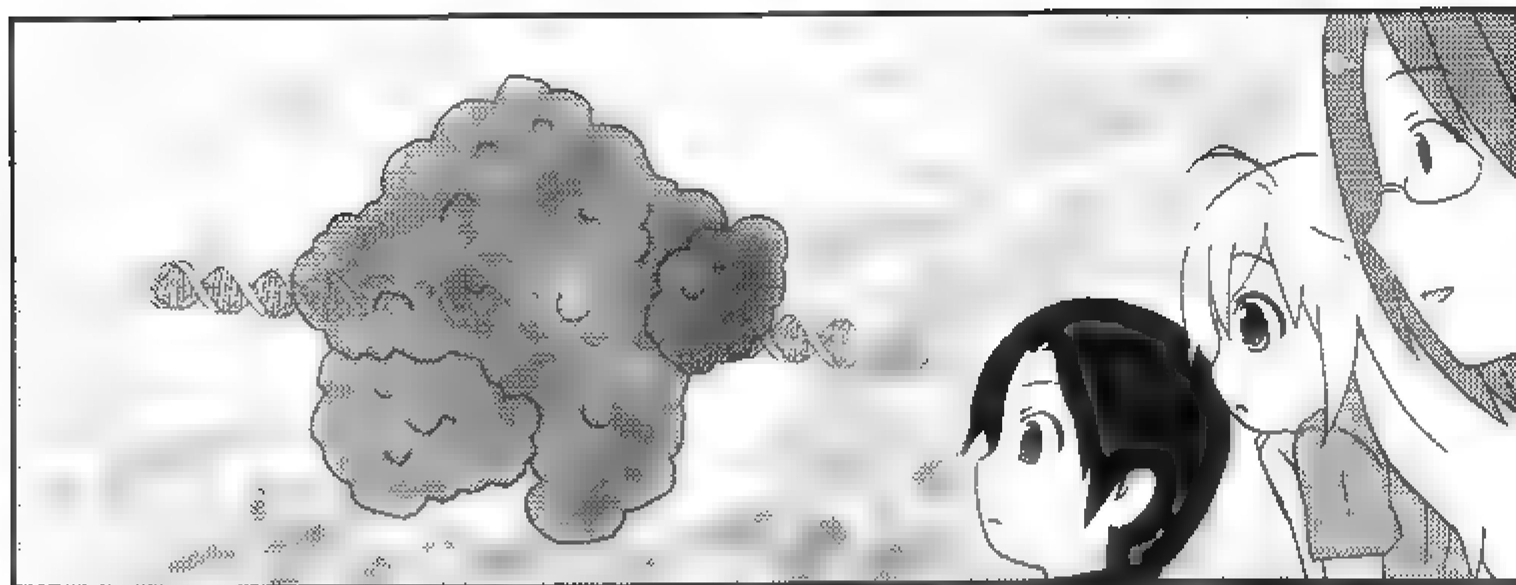





スイ
スイ
亚美，现在游得不错呀。


呵呵……
砰——
啊……对不起啊。


在第3章已经讲过，当DNA复制时，要招募许多的蛋白质，来将DNA的双链打开。
DNA
蛋白质
打开的 DNA
请看，和那时的情景一样。



不过，招募的蛋白质和DNA复制时的种类完全不同。

DNA

DNA双链解开后，结合上去的蛋白质，其中有一个带着长长的尾巴。

有尾巴的蛋白质

解开的双链

尾巴

合成延伸的RNA

RNA

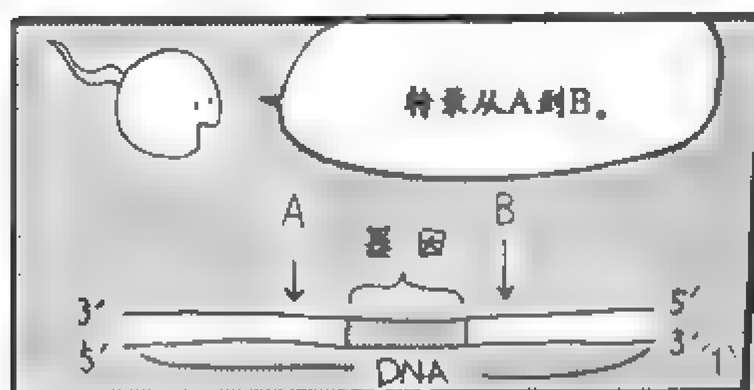
一边在恢复DNA的双链结构，一边在合成RNA。

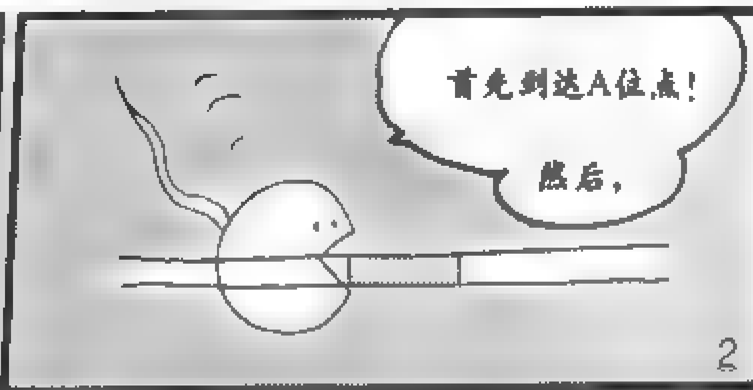
合成的RNA沿着长长尾巴的方向在延伸。

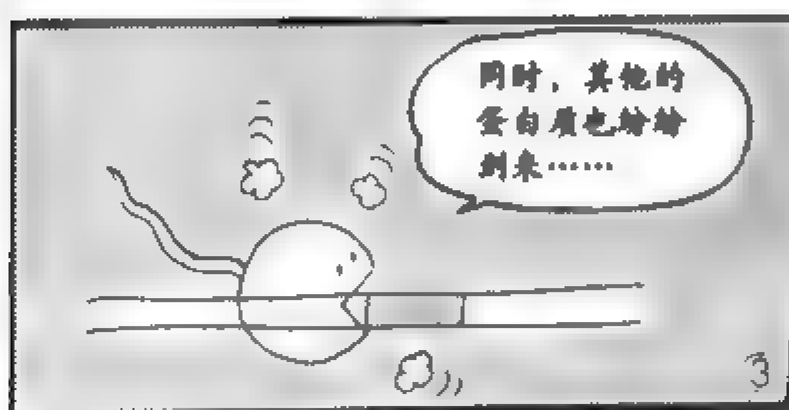
像这样，DNA上含有基因的碱基序列就转录到RNA上，RNA再漂移到核外。

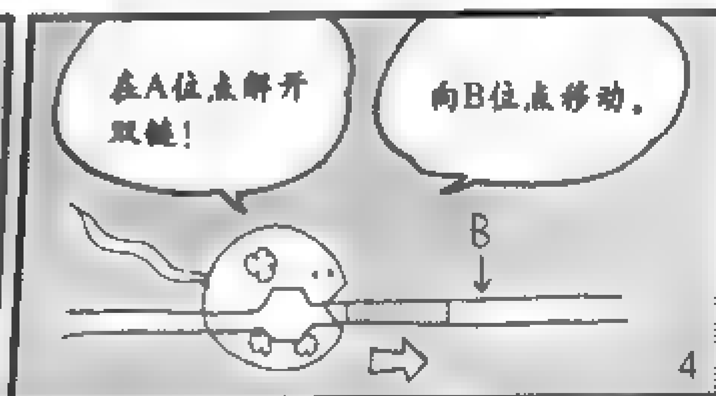

天啊……
黑猩君，请再放一遍。
啊
知道了。

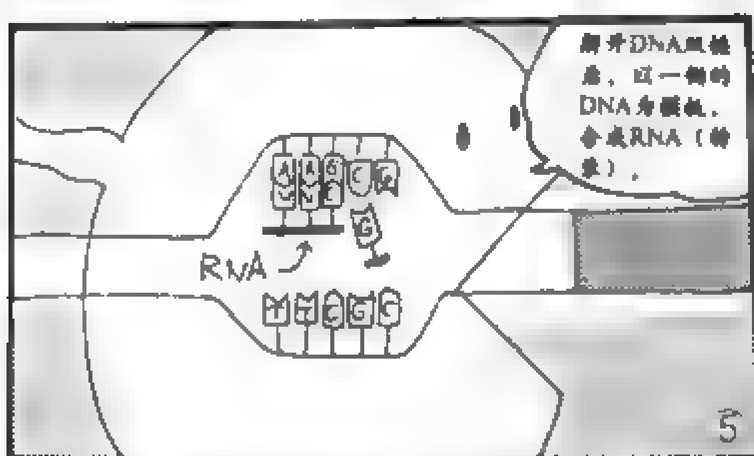

转换成简易模式！

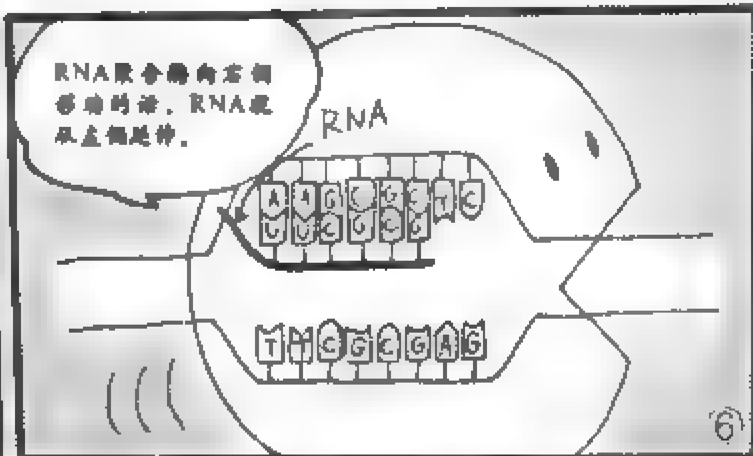

转录从A到B。
A
基因
B
3′
5′
5′
3′
DNA
1

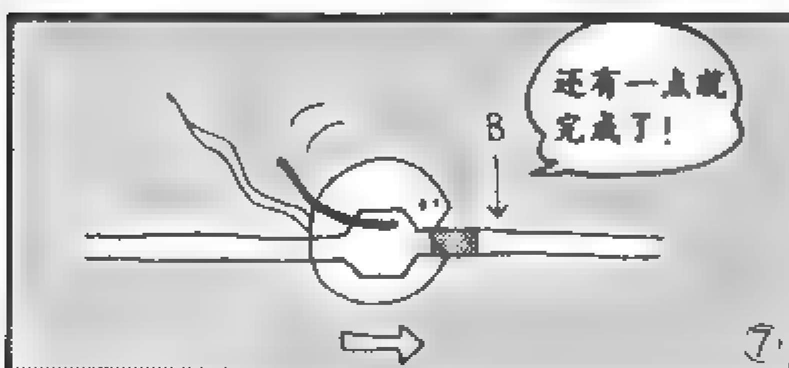

首先到达A位点！
然后，
2

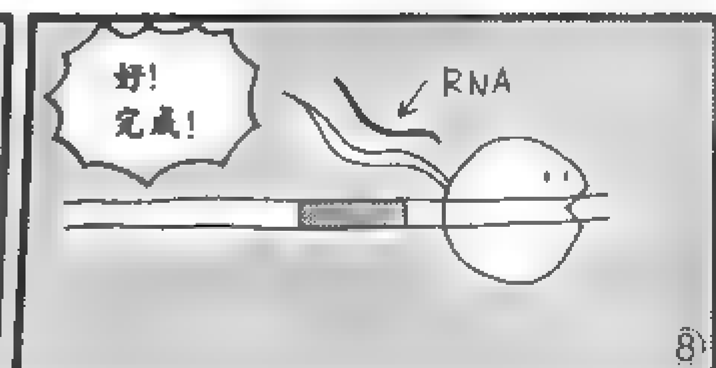

同时，其他的蛋白质也纷纷到来……
3

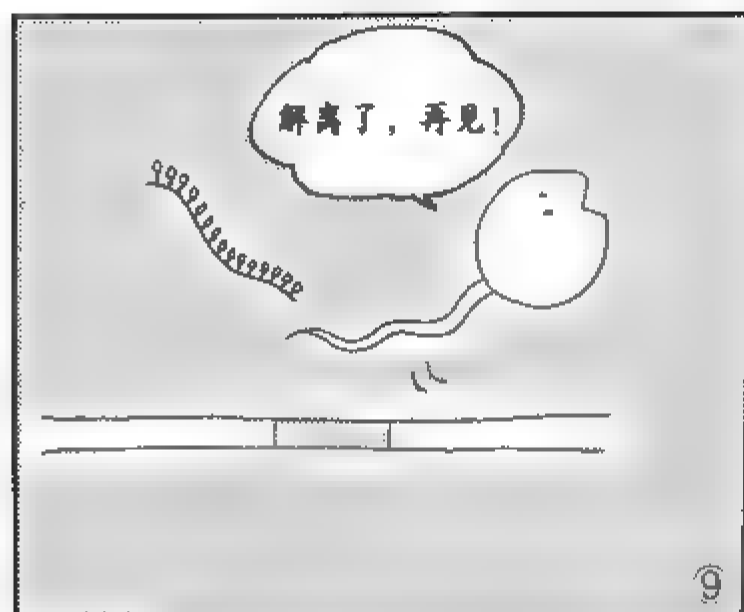

在A位点解开双链！
向B位点移动。
B
4

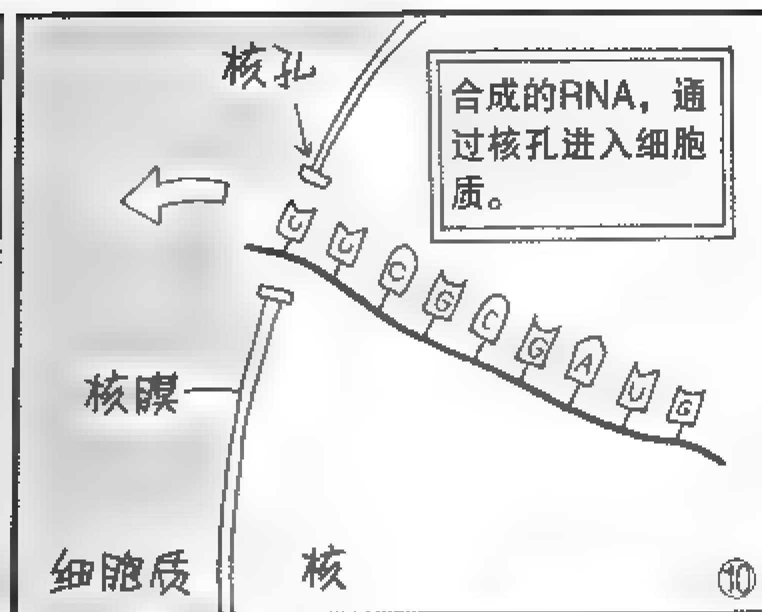

解开DNA双链后，以一侧的DNA为模板，合成RNA（转录）。
RNA
5


RNA聚合酶向右侧移动的话，RNA就从左侧延伸。
RNA
6

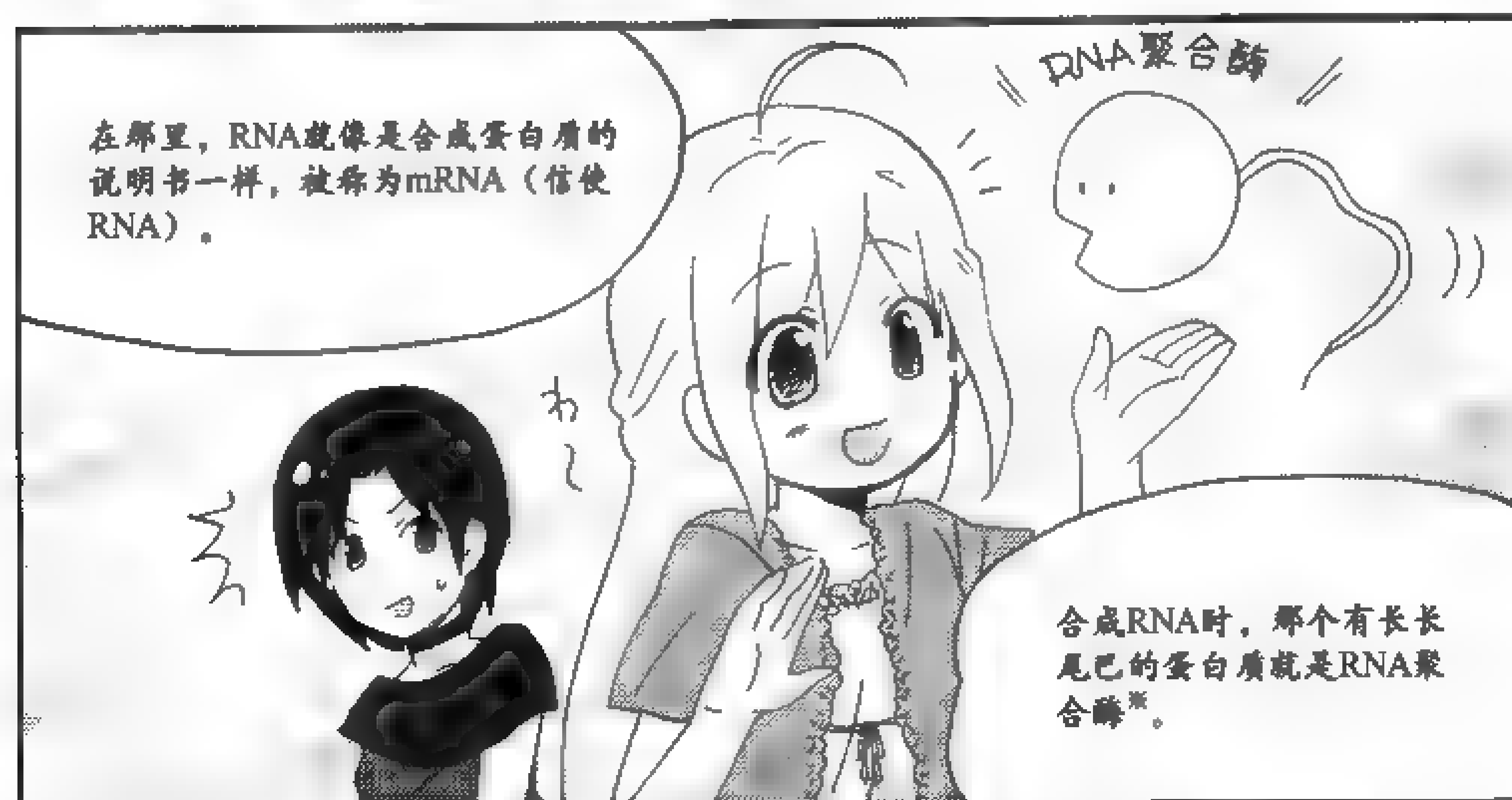

还有一点就完成了！
B
7


好！
完成！
RNA
8









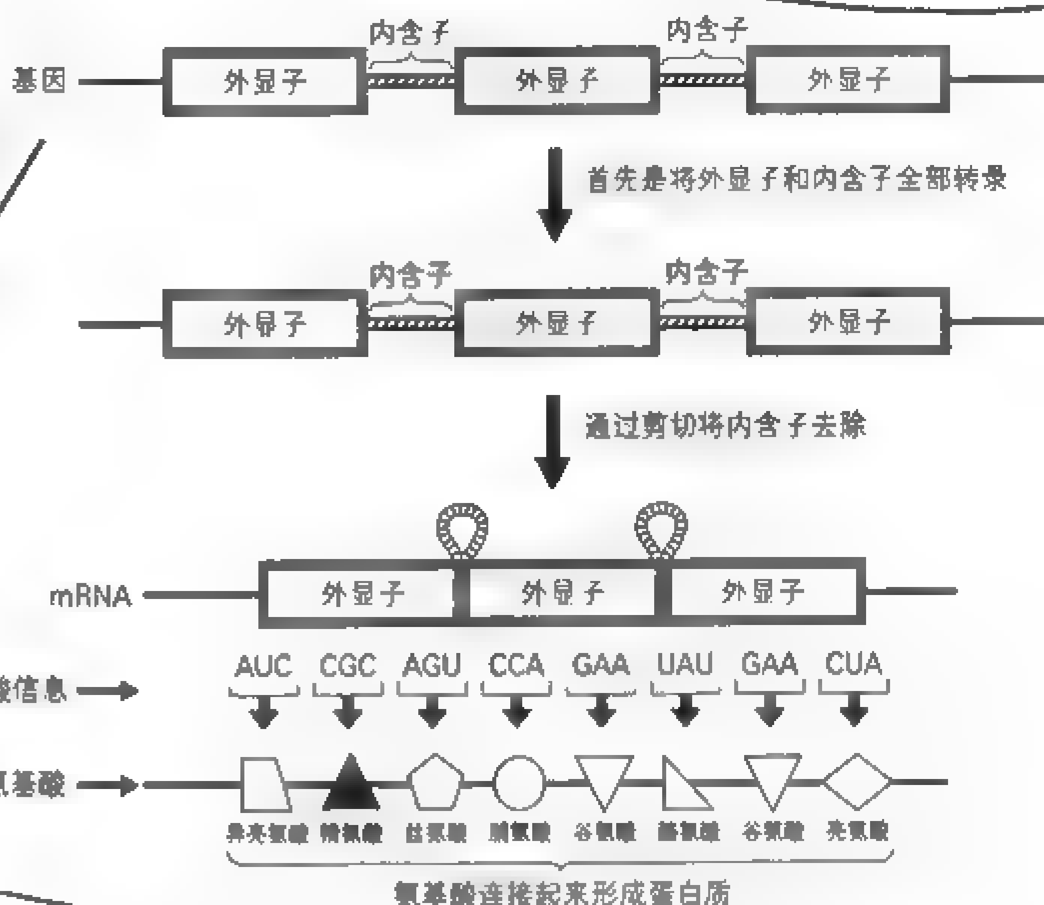
※如果是真核生物的话，准确的说法应是RNA聚合酶Ⅱ。

❖ 转录后的mRNA加工

RNA聚合酶像这样有一条长长的尾巴。
长尾巴 (CTD Carboxy-Terminal Domain)
RNA 聚合酶 II
这条尾巴被称之为CTD（C端功能域）。
合成的RNA，沿着RNA聚合酶的长尾方向飘出。
DNA
长尾
为什么RNA聚合酶会有长长的尾巴呢？在它的长尾上又到底发生了什么？
我就介绍其中之一吧。
基因——也就是在DNA上记载的蛋白质的合成图，实际上是这样进行剪切的。
DNA
实际上是这样的
内含子
外显子
基因A
剪……切！？
合成图！？
是的。基因是由非编码序列即所谓的内含子，将外显子分割成许多片断的。

最初，RNA聚合酶合成RNA时，

将这些起分割作用的内含子也一起转录成RNA。



因此，合成后的RNA，其中的内含子不切除掉的话，就不能成为正确的mRNA，也就不能成为蛋白质的合成图。

这种从前体RNA上剪切去除内含子序列的过程就叫剪接。

这个过程发生在RNA聚合酶的尾巴上。

欸～

哦～

❖ 外显子混编



喂，照耀君，为什么基因会被分割成许多片断？



目前这个问题还正在研究中，也存在许多说法。



像细菌那样的原始生物并不含有内含子，这样基因更容易发生重组，有利于进化吧。



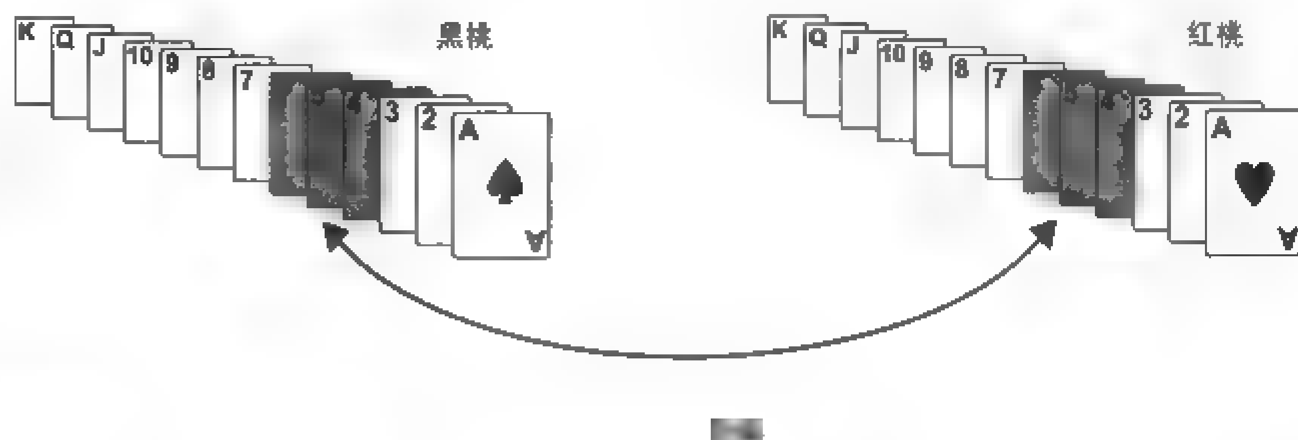
基因重组进化？？？



基因就像扑克牌一样，有不同的组合方式。例如从黑桃1到黑桃K是一个基因，从红桃1到红桃K是另一个基因，每张牌都是各自基因的外显子，那么红桃和黑桃的基因各有13个外显子。



可是在进化的过程中，经常会出现黑桃4、5、6与红桃4、5、6发生替换的现象。





也就是某两个基因之间的外显子发生了交换，因而产生了新的基因。我们已经知道在人类的基因中，经常会有两个不相关的基因，存在着非常相似的外显子。这预示着通过外显子重组，能够产生功能不同的新基因。



这被称为“外显子混编”。通过这种方式，能保证基因的多样性。它在生物的进化中起着积极的作用。



……



有……有些难了吧。

3 什么是RNA

❖ RNA的简写字母



从DNA转录生成RNA，这部分明白了吗？



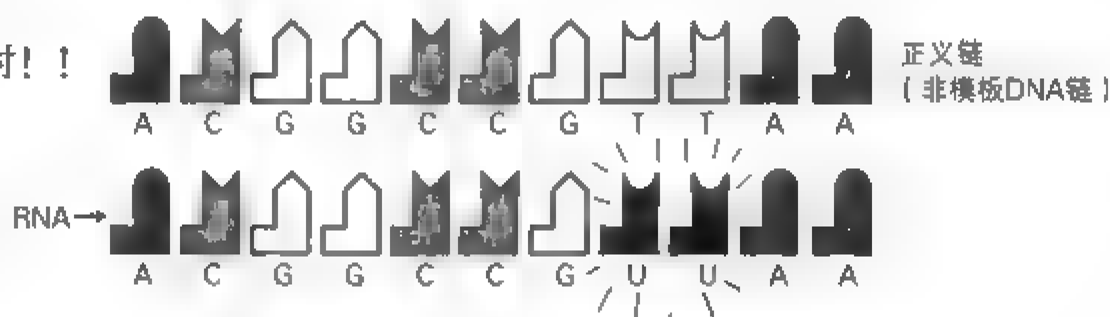
明白了。DNA复制成RNA，也就是说DNA和RNA是完全相同的吧？



不对。你看，刚才亚美就注意到了："RNA链与DNA的正义链有微小的差异"。



……对！！





RNA与DNA到底有什么不同，请解释一下。



在第2章中已经学过，DNA有4种字母符号表示，即腺嘌呤（A）、鸟嘌呤（G）、胞嘧啶（C）和胸腺嘧啶（T）。基因就是用这4种字母排列（碱基序列）表示的密码。



那么，将这些密码转录成RNA的话，也使用相同的字母符号来表示吧？



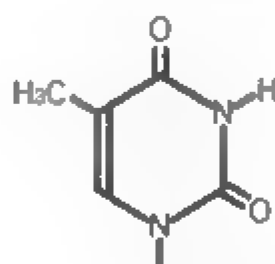
回答可以说“是”，也可以说“不是”。



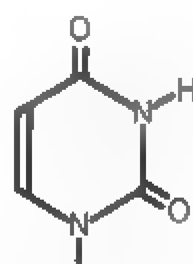
？？？



RNA也有4种字母符号（碱基）表示，其中3种与DNA相同，即A、G、C，剩下的1种不是T（胸腺嘧啶），而是U（尿嘧啶）。



胸腺嘧啶（T）



尿嘧啶（U）



为什么只有这里不同？



这也是现在研究的热点，许多科学家提出这样的“假说”。



在DNA中T（胸腺嘧啶）有时会变异成U（尿嘧啶）。这样的话，如果都用U表示的话，DNA中就会分为“本来的U”和“T变异的U”。也许在当初就可能搞错了。



所以，为了不引起混淆，在DNA中就都采用了T（胸腺嘧啶）来表示！

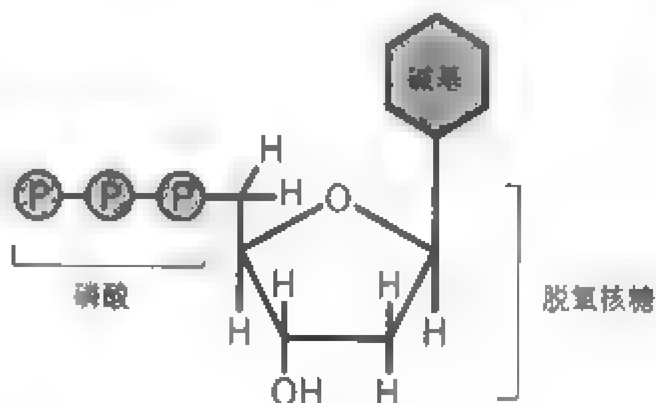


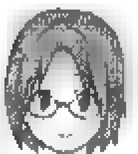
是的，这只是“假说”。在分子生物学的世界里，还有许多未解的谜，因此需要学科之间的交叉合作与研究。

❖糖类的不同

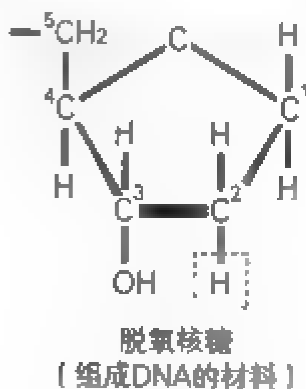


在第2章中已经学过，组成DNA的原材料是核苷酸（脱氧核糖核苷酸），它是由磷酸、糖（脱氧核糖）和碱基（用字母表示的）三部分组成。

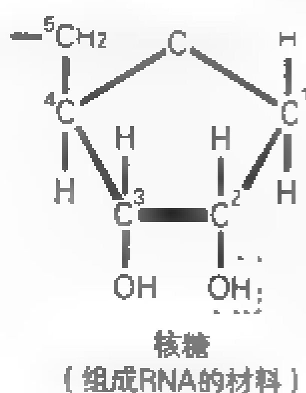




组成RNA的原材料也是核苷酸，其正式的名称应该叫“核糖核苷酸”，也是由磷酸、糖和碱基三部分组成。这里的糖不是脱氧核糖，而是核糖。



脱氧核糖
（组成DNA的材料）



核糖
（组成RNA的材料）



也就是DNA和RNA的不同，除了碱基有一个是从胸腺嘧啶变成了尿嘧啶之外，还有就是核苷酸的糖由脱氧核糖变成了核糖。



脱氧核糖和核糖有什么不同?



不同之处只有一点，就是连在2号位碳（C）原子上的一个是氢（-H），一个是羟基（-OH）。连接氢的是脱氧核糖核苷酸，连接羟基的是核糖核苷酸。这点的不同，使它们的性质发生了很大的变化。



性质发生了什么样的变化?

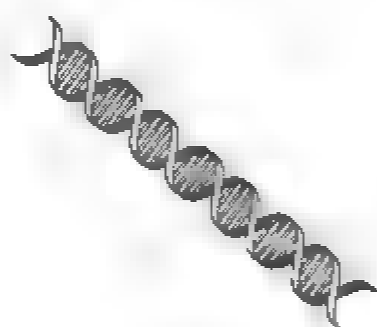


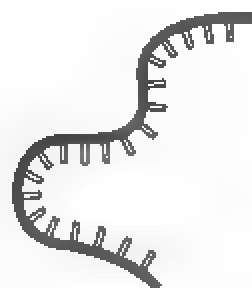
带有羟基（-OH）的RNA比带有氢（-H）的DNA具有更高的反应性能。为什么呢? 这是因为羟基（-OH）中的氧原子（O）比其他的原子具有更容易反应的性质。

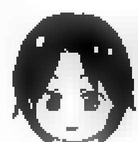
❖ RNA的功能



像这样，碱基的胸腺嘧啶（T）和尿嘧啶（U）不同，核糖的糖不同，这两点是RNA和DNA化学结构上的不同。除此之外，RNA和DNA还有非常重要的一点不同，那就是已经说过的DNA是双链，而RNA大多是单链。


DNA双链


RNA单链



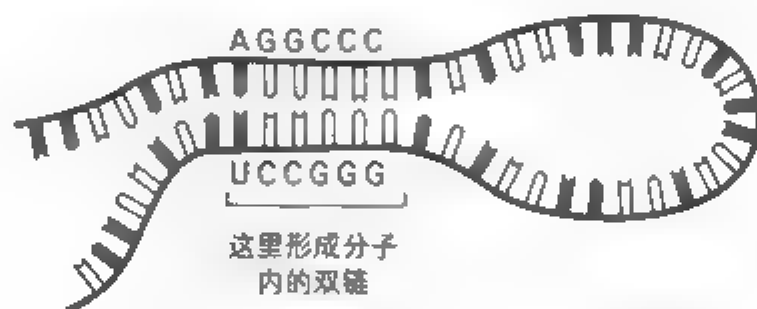
嗯，那是为什么呢？双链的话不是更好吗？



DNA确实是这样。但RNA的话，一条链有它更大的优点。一条链的RNA不像双螺旋结构那样太硬，而是更加自由、灵活。也就是一个RNA分子能以各种形式存在。

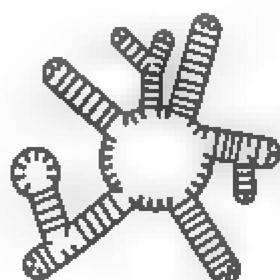


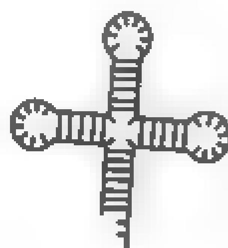
例如，在一条RNA链中，某处含有“AGGCCC”的碱基序列，在另一处含有“GGGCCU”的碱基序列，A对U、G对C就会形成互补配对，在分子内部形成双链结构。于是RNA就变成这样的结构。

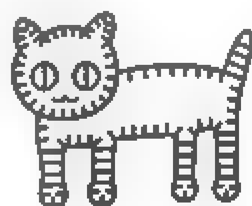




这对RNA来说非常重要。RNA不单能以线型的分子形式存在，还因碱基的不同，能变化成各种不同的形态，从而具有各种不同的功能，而不仅仅是作为一个转录产物。







❖ RNA的种类



各种功能？举例说它都有什么功能。



比较有名的就是"tRNA（转运RNA）"和"rRNA（核糖体RNA）"两者都在合成蛋白质的过程中，发挥着重要的作用。



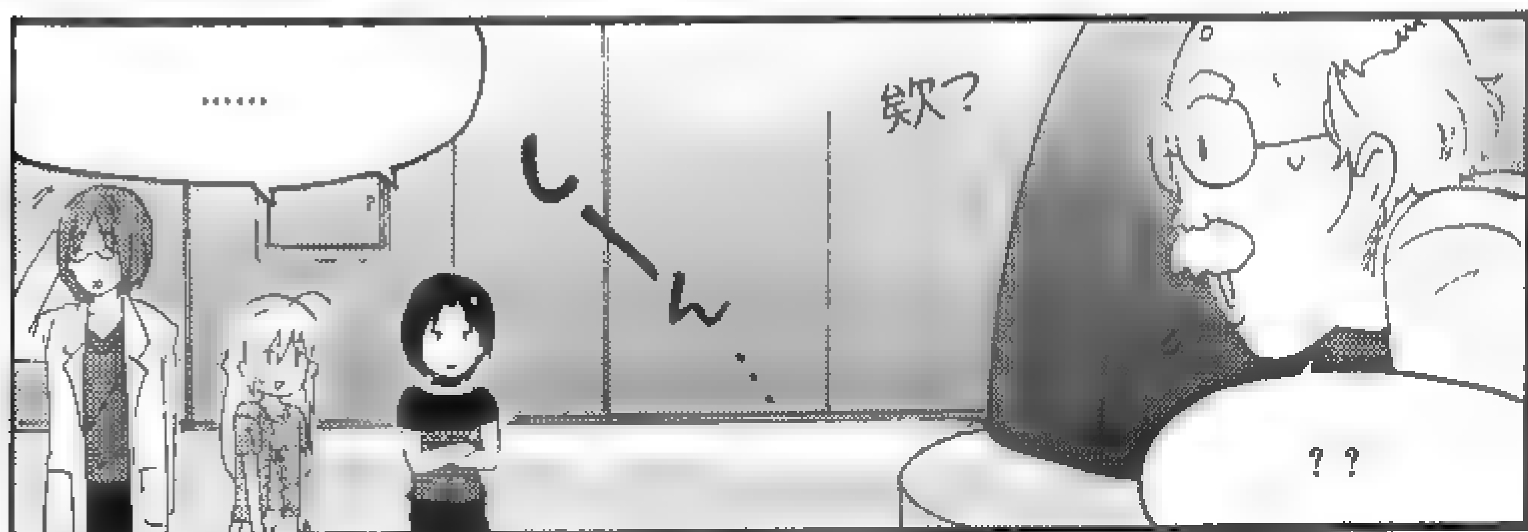
感到有些不可思议，DNA还听说过，但对RNA却了解不多。原来RNA比DNA还要活跃呀。



是的。这也许就是RNA更具有柔韧性的缘故吧。



学得很认真！



……
欸？
？？



我们对于您的到来已经不吃惊了，有什么事吗？
嗯……就是，



近年来，“RNA在生命的诞生过程中，发挥着重要的作用”，而我们对这种重要性的认识也越来越深入……
！

一条富有柔性的RNA链，和形态稳定的DNA双链……

哪一个更重要？虽不能一概而论，但我认为还是RNA！

你们俩听好了！

所谓的学问，并不光是知识的积累！而广泛的思考和灵活的运用才是最重要的！

要向RNA学习。

哈哈哈

是的。那么再见了！

哇，见一面的时间太短了！

要像RNA一样具有……柔性。

4 核糖体与翻译过程

❖ 蛋白质的合成机器：核糖体

现在，我们去看看合成蛋白质的最后环节——翻译吧！！

复制
DNA
↓ 转录
RNA
↓ 翻译
蛋白质

ウ゛

这是什么？

这是细胞内，已经切除不含编码信息（内含子）的mRNA，在向核外移动。

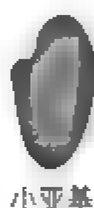
核糖体

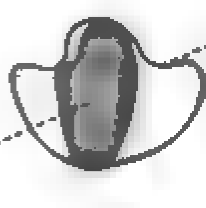
mRNA

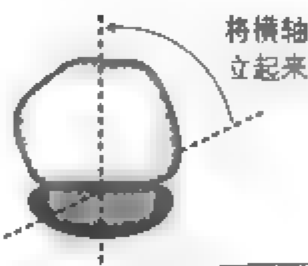
朝着细胞质里核糖体（蛋白质的合成机器）的方向移动。

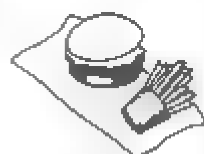
刚才讲过，核糖体是细胞中非常大的大分子结构，是由rRNA和许多的"核糖体蛋白质"组成的。



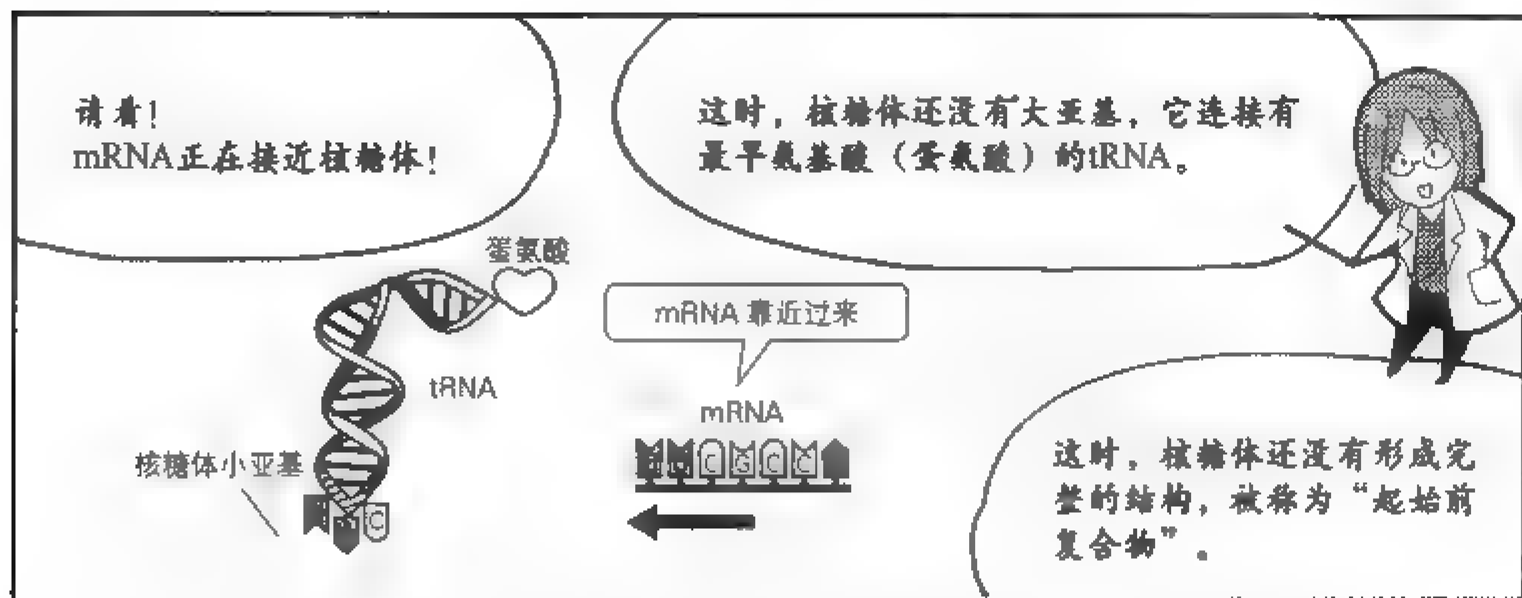


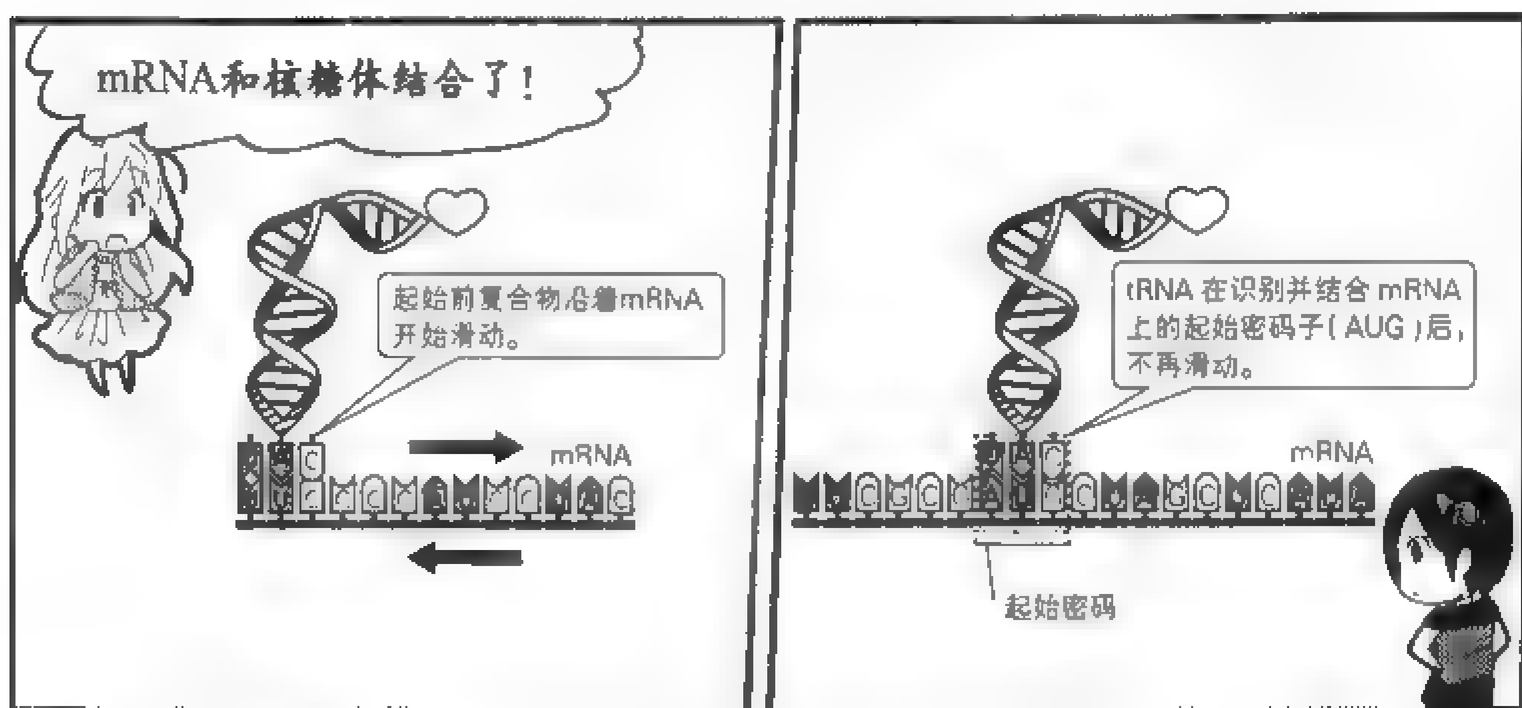


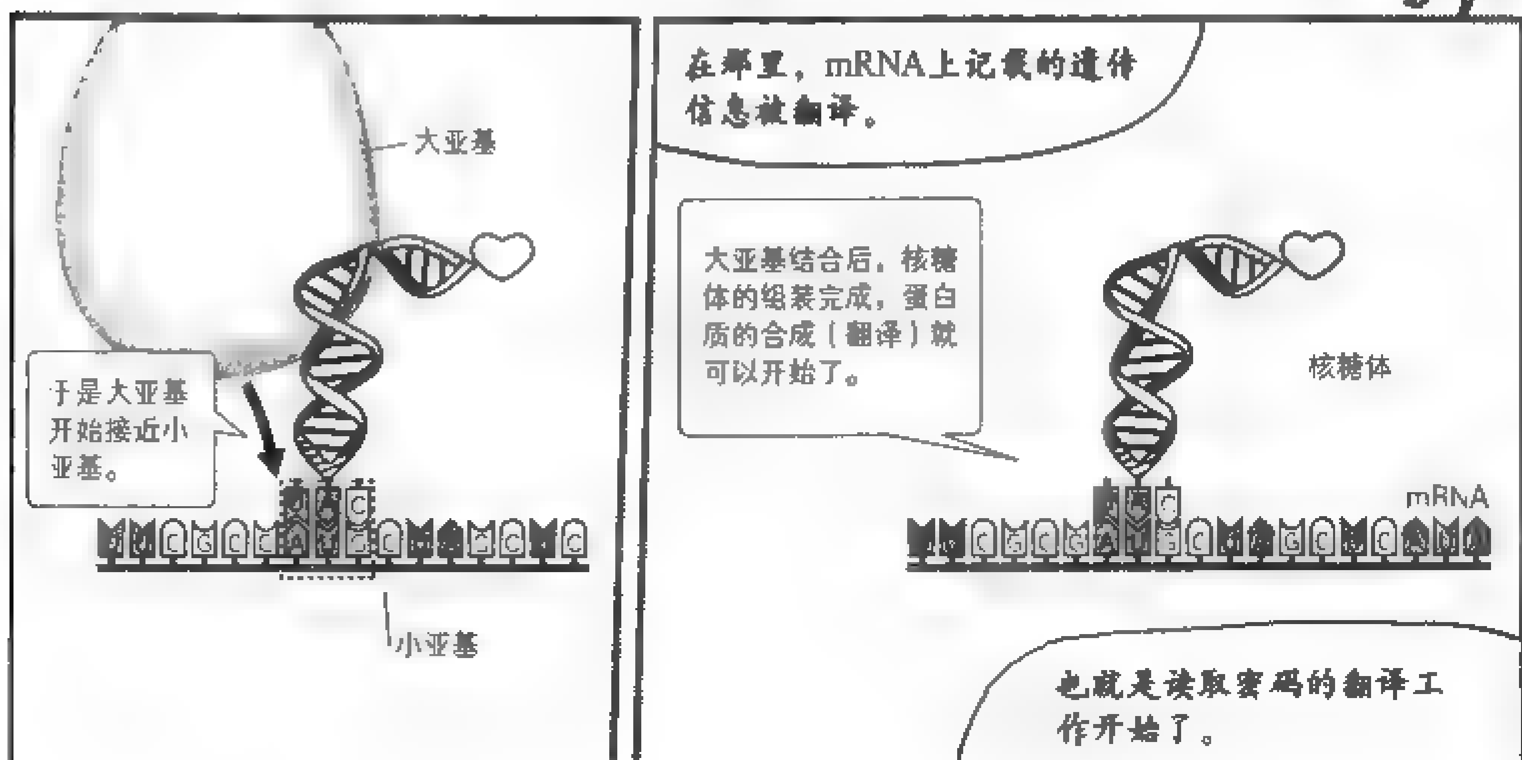




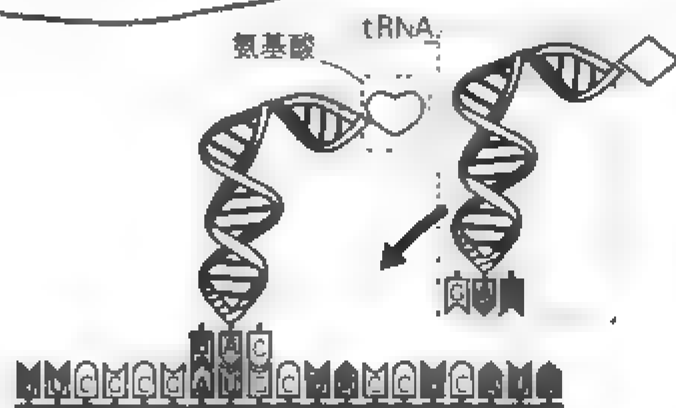
大亚基和小亚基组合在一起，形成像汉堡包一样的形状。


请看！
mRNA正在接近核糖体！
这时，核糖体还没有大亚基，它连接有最早氨基酸（蛋氨酸）的tRNA。
蛋氨酸
mRNA靠近过来
tRNA
mRNA
核糖体小亚基
这时，核糖体还没有形成完整的结构，被称为“起始前复合物”。

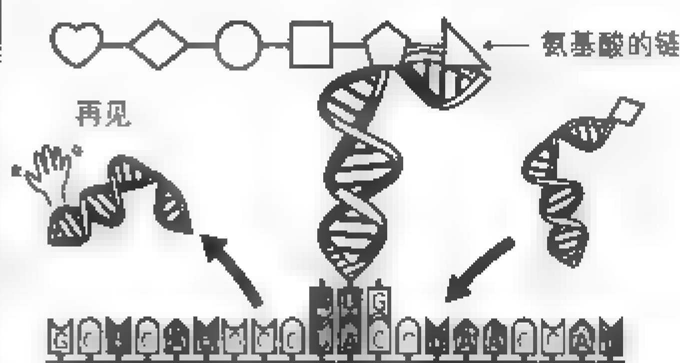

mRNA和核糖体结合了！
起始前复合物沿着mRNA开始滑动。
mRNA
tRNA在识别并结合mRNA上的起始密码子(AUG)后，不再滑动。
mRNA
起始密码


大亚基
于是大亚基开始接近小亚基。
小亚基
在那里，mRNA上记载的遗传信息被翻译。
大亚基结合后，核糖体的组装完成，蛋白质的合成（翻译）就可以开始了。
核糖体
mRNA
也就是读取密码的翻译工作开始了。

按照密码的要求，将氨基酸一个一个地连接起来。



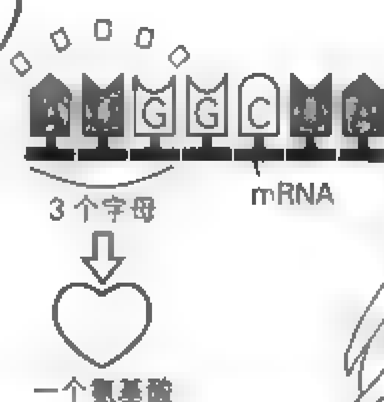
氨基酸的链形成了。



❖ 遗传密码的结构

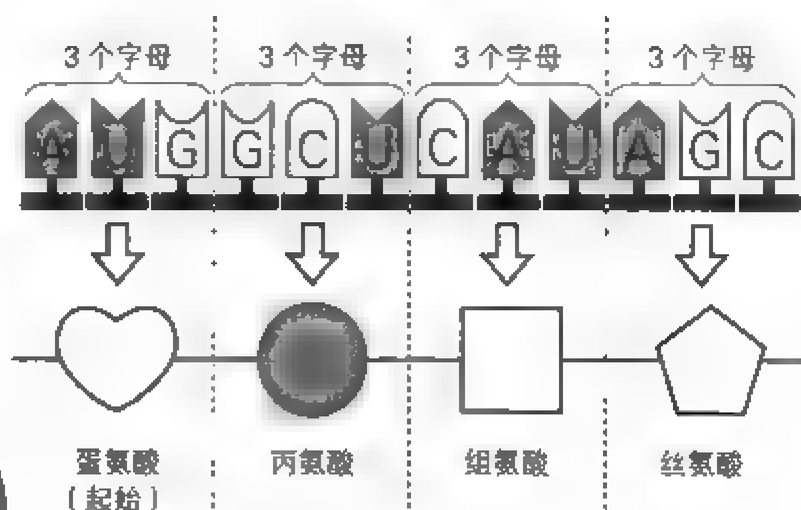
mRNA上记载的密码是由4种碱基A、G、C、U进行组合的。

这4种碱基中的任意3个字母进行排列，就形成一个氨基酸的密码。



嗯……，到底是怎么一回事？

例如，mRNA上部分碱基序列是"AUGGCUCAUAGC"的话，



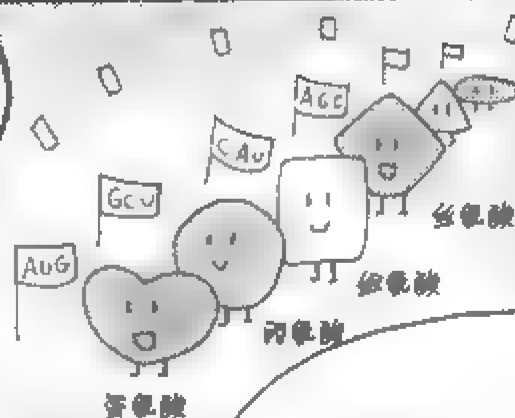
按照每3个字母翻译成一个氨基酸的话，就形成了"蛋氨酸－丙氨酸－组氨酸－丝氨酸"这样一条链。

AUG是蛋氨酸、GCU是丙氨酸、CAU是组氨酸、AGC是丝氨酸，这些都是它们各自的密码。

啊，是这样！

像这样3个字母排列形成的三联体密码就叫做密码子，它们的组成是有一定规律的。

这些密码子决定了20种氨基酸。



将mRNA上的密码子按顺序翻译，以氨基酸的形式进行再现，这被称为是“遗传密码”。

氨基酸与其对应的密码子有列表。

	2 个字母				
1 个字母	U	C	A	G	3 个字母
U	（UUU）苯丙氨酸	（UCU）丝氨酸	（UAU）酪氨酸	（UGU）半胱氨酸	U
	（UUC）苯丙氨酸	（UCC）丝氨酸	（UAC）酪氨酸	（UGC）半胱氨酸	C
	（UUA）亮氨酸	（UCA）丝氨酸	（UAA）终止	（UGA）终止	A
	（UUG）亮氨酸	（UCG）丝氨酸	（UAG）终止	（UGG）色氨酸	G
C	（CUU）亮氨酸	（CCU）脯氨酸	（CAU）组氨酸	（CGU）精氨酸	U
	（CUC）亮氨酸	（CCC）脯氨酸	（CAC）组氨酸	（CGC）精氨酸	C
	（CUA）亮氨酸	（CCA）脯氨酸	（CAA）谷氨酰胺	（CGA）精氨酸	A
	（CUG）亮氨酸	（CCG）脯氨酸	（CAG）谷氨酰胺	（CGG）精氨酸	G
A	（AUU）异亮氨酸	（ACU）苏氨酸	（AAU）天冬酰胺	（AGU）丝氨酸	U
	（AUC）异亮氨酸	（ACC）苏氨酸	（AAC）天冬酰胺	（AGC）丝氨酸	C
	（AUA）异亮氨酸	（ACA）苏氨酸	（AAA）赖氨酸	（AGA）精氨酸	A
	（AUG）蛋氨酸（起始）	（ACG）苏氨酸	（AAG）赖氨酸	（AGG）精氨酸	G
G	（GUU）缬氨酸	（GCU）丙氨酸	（GAU）天冬氨酸	（GGU）甘氨酸	U
	（GUC）缬氨酸	（GCC）丙氨酸	（GAC）天冬氨酸	（GGC）甘氨酸	C
	（GUA）缬氨酸	（GCA）丙氨酸	（GAA）天冬氨酸	（GGA）甘氨酸	A
	（GUG）缬氨酸	（GCG）丙氨酸	（GAG）天冬氨酸	（GGG）甘氨酸	G

❖ 氨基酸是由tRNA搬运的

20种氨基酸都是通过结合到tRNA上，被搬运到核糖体上的。

哦

哇

tRNA，顾名思义就是运送氨基酸的RNA。



核糖体

蛋氨酸

丙氨酸

tRNA

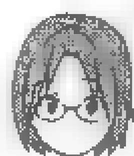
mRNA

组氨酸

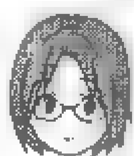
起始密码子

终止密码子

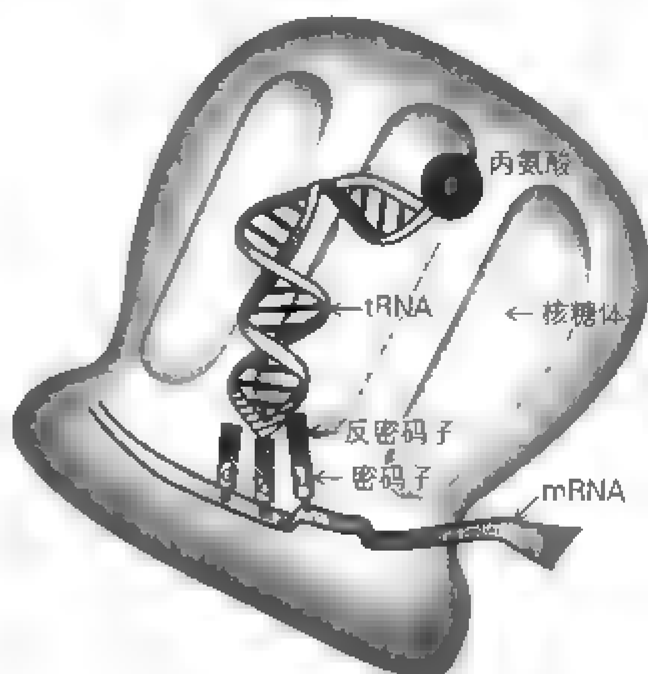
搬运蛋氨酸的tRNA，它的前端有“CAU”序列，能与表中蛋氨酸对应的密码子“AUG”互补配对。



tRNA上能与三联体密码子形成互补配对的三个碱基称为反密码子。



同样，丙氨酸的密码子是“GCU”，搬运它的tRNA上的反密码子就应该是“IGC”，通常用肌苷的一个缩写字母“I”来代替反密码子。





通常用？也能代替其他的碱基吗？



用“代替”来表述是否合适还有待考虑。肌苷是一种能结合2～3种碱基的特殊碱基。密码子的第3个碱基和反密码子的第1个碱基配对，通常形成的氢键结合力较弱，因此有可能与其他几种不同的碱基配对。这种碱基被称作为“摆动碱基”。

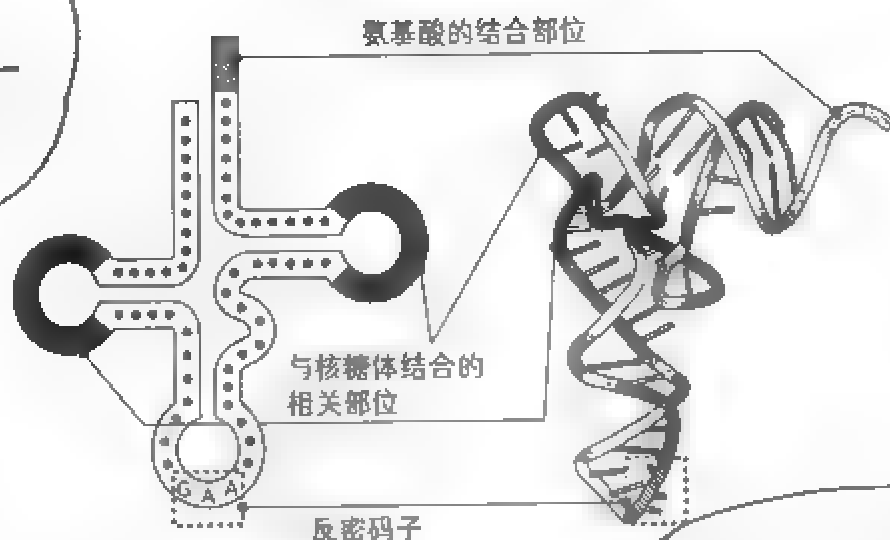


就像扑克牌中的大E！



对，就像全能的一样。除肌苷之外，反密码子中用一个缩写字母代替的摆动碱基还有鸟嘌呤（G）和尿嘧啶（U），它们分别能与两种碱基形成配对。

那我们再认真地看一下tRNA的结构吧。



左图是tRNA分子内相互配对形成的折叠图。

右图是它的实际状态的立体构造图。

哇——tRNA分子太复杂了。

是的，正因为如此……

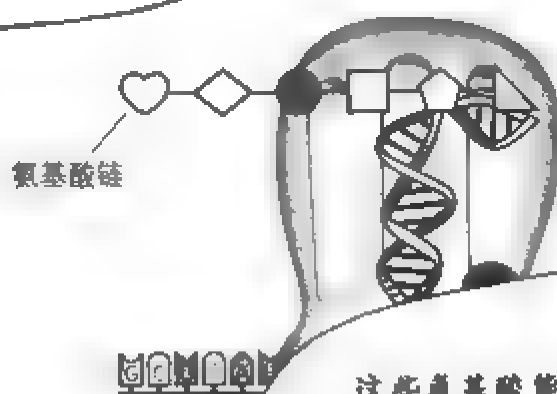
具有柔性是RNA的共性！

我知道

……说的对。

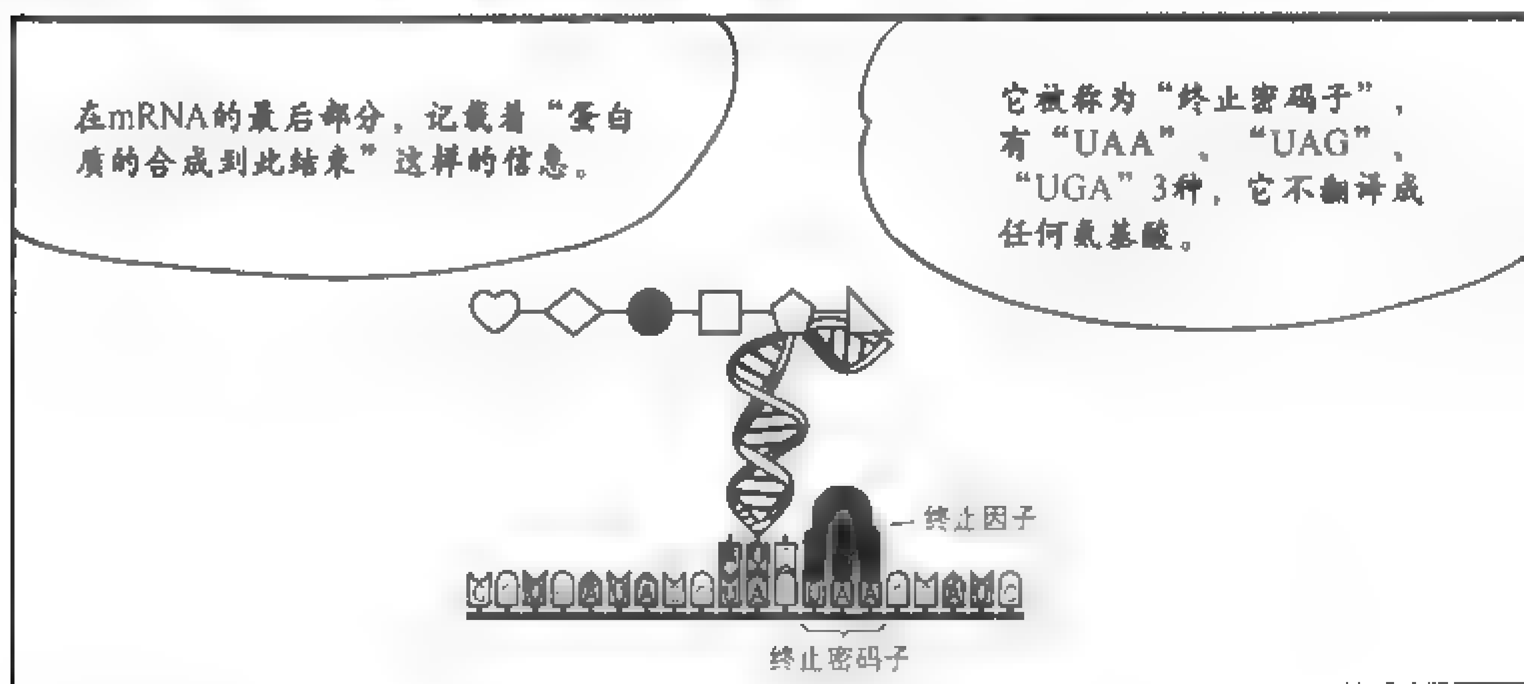
嗯……

咱们再说回到氨基酸的长链。



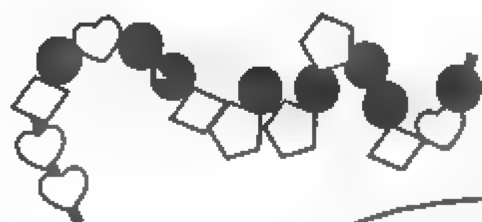
这些氨基酸能结合在一起，与核糖体的rRNA有关。

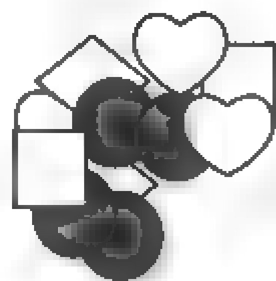

氨基酸结合成长链，就形成了蛋白质吧！？
不对。成为蛋白质还有一步需要完成。


在mRNA的最后部分，记载着“蛋白质的合成到此结束”这样的信息。
它被称为“终止密码子”，有“UAA”、“UAG”、“UGA”3种，它不翻译成任何氨基酸。
终止因子
终止密码子


终止密码子进入核糖体后会怎么样?
终止因子就会结合到终止密码子上，因此蛋白质的合成就会停止。
然后，合成的氨基酸长链，就会从核糖体上被切割下来。

❖ 蛋白质的成熟





从核糖体上被切割下来的氨基酸长链，会发生折叠。

是根据氨基酸的排列顺序自动进行的※，形成天然的结构。

终于……

搞定了！

对，终于完成了蛋白质的合成！

搞定!!

在细胞内的，折叠成蛋白质的立体结构，有的就能立即发挥功能，有的则被运送到指定地点而发挥功能。

所以……

合成的蛋白质大体分为“在细胞内工作”和“在细胞外工作”这两种。

哇……

庆祝

在细胞外工作的蛋白质，首先在内质网、高尔基体等细胞小器官中发生糖基化修饰，然后被运送到细胞外发挥功能。

万岁！

万岁！

听我讲完！！

※准确地说并不是自动，而是借助于别的蛋白质进行折叠的。

第 5 章

分子生物学的技术和应用

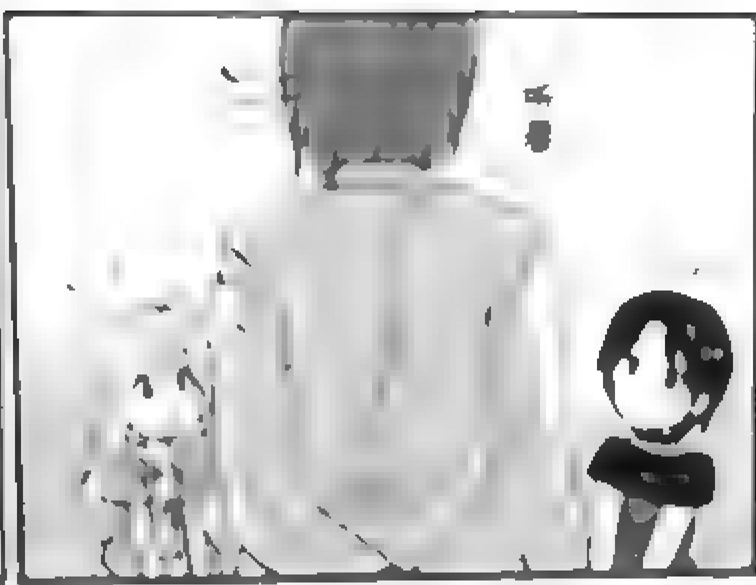
① 什么是基因重组技术


分子生物学的基础就是这些。


还是让照耀客来更好些。
终于到最后一天了，可以和老师见面了。
明天是补课的最后一天，计划由毛吕博士来讲。


哈哈，今天大家辛苦了。
非常感谢！

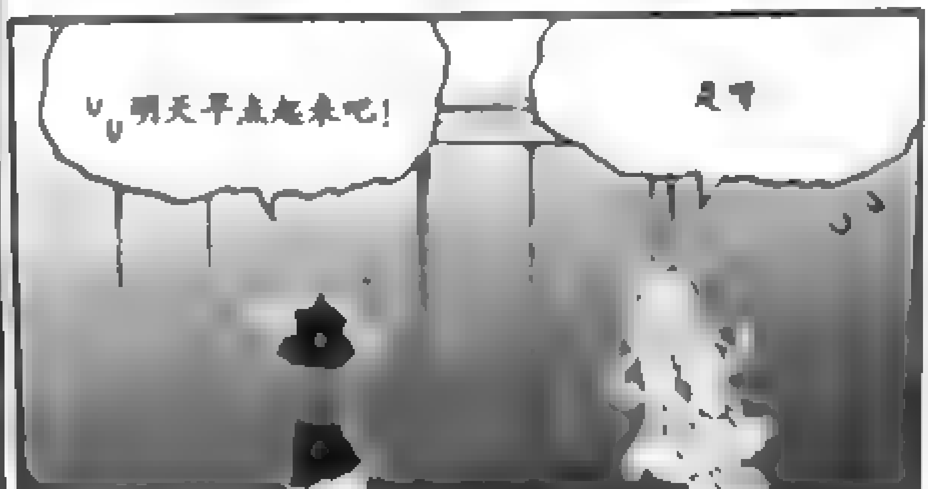

对了，对了，明天是博士的讲课。


嗯

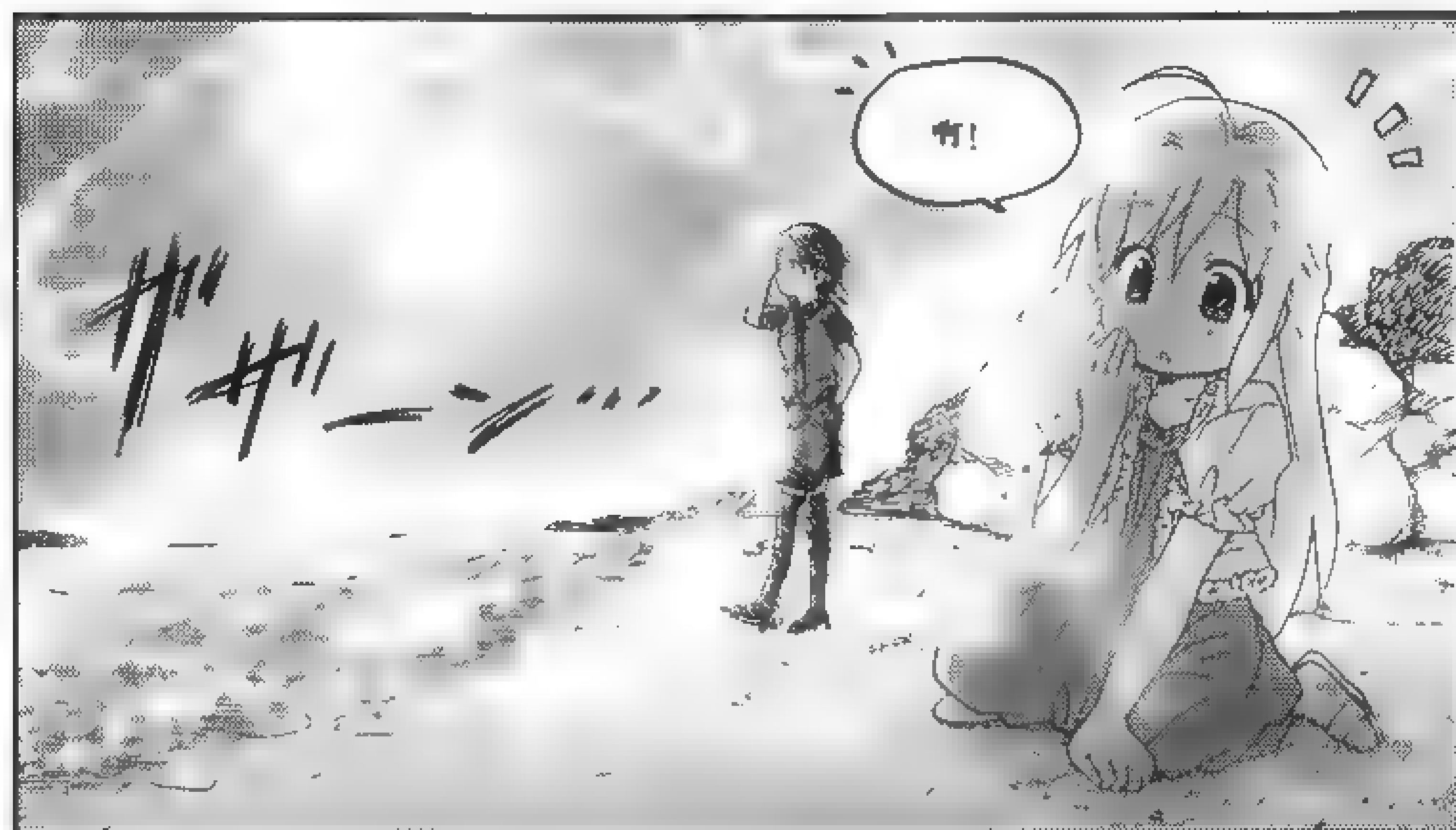

千万别迟到了。


！？

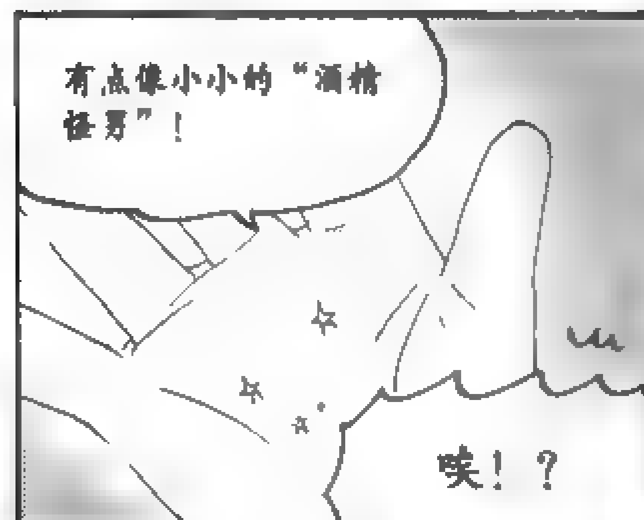



明天早点起来吧！
是呀

补课最后一天



啊！



有点像小小的“酒精怪兽”！
咦！？



有意思，是星状的沙子！
照耀君说过，这些星状的沙子，原本是原生生物“有孔虫”的骨骼。



原本它们是生活在海洋里的生物呀！
但是……现在它们已经死了。



喂，小玲，你说“生命”到底……
到底是什么……


ザザ
ザザ

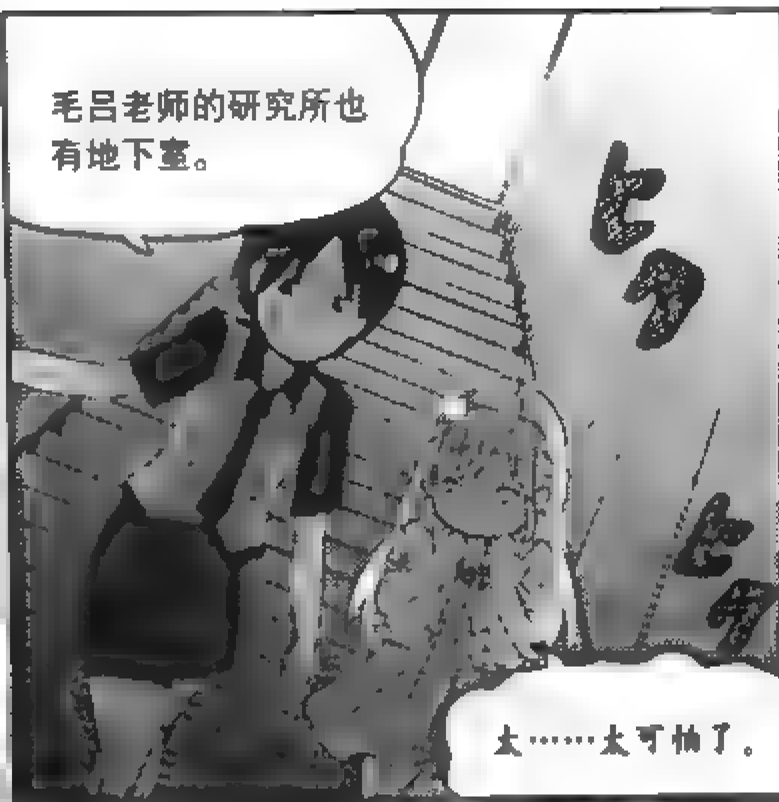

亚美，你变了。


小玲，你不也是吗！？


食堂

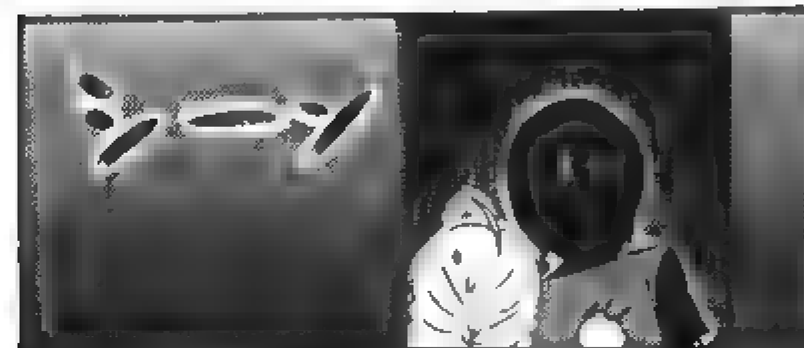

照耀君哪去了？
恐怕在睡懒觉吧？


吃完饭后，请
到地下室来。
门后
!!

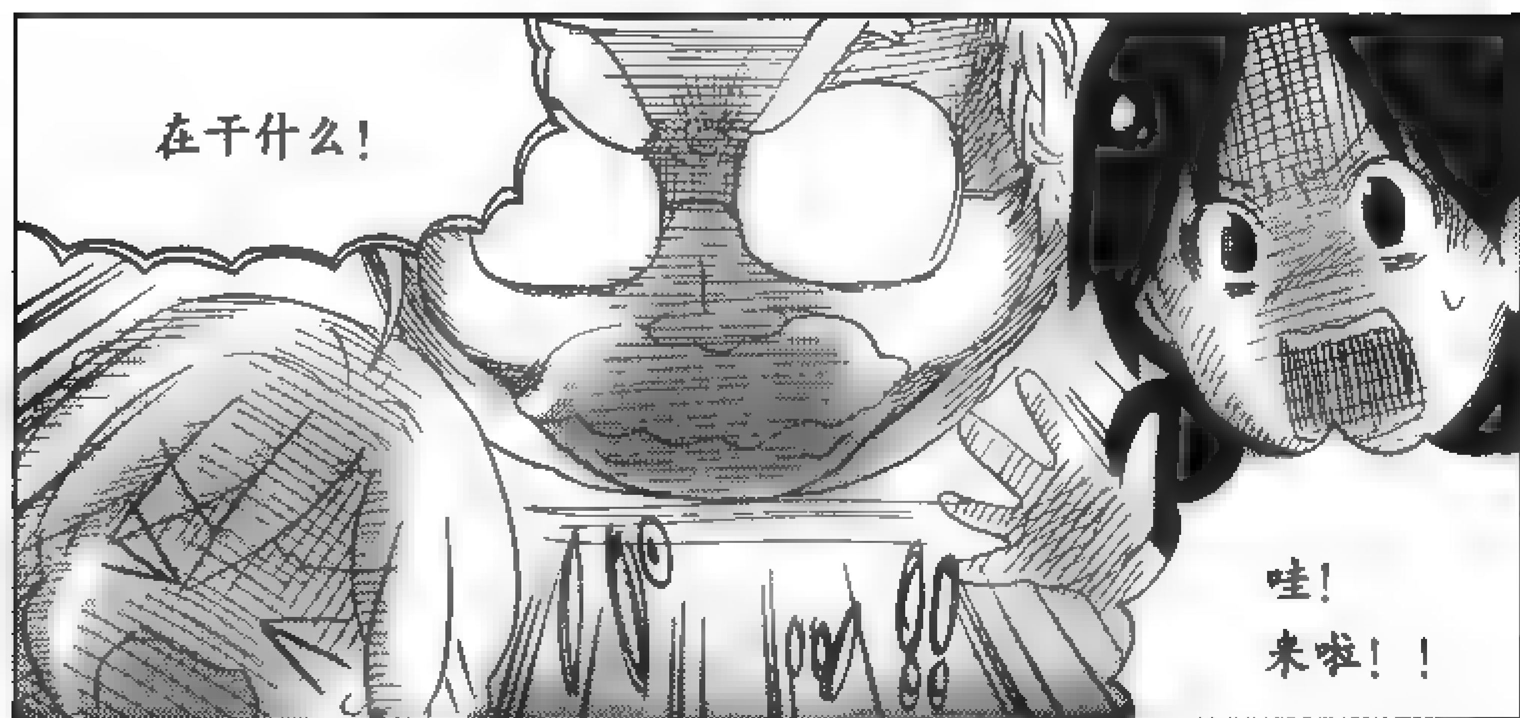

毛吕老师的研究所也
有地下室。
太……太可怕了。


怎么这么暗。
熙……熙耀君?


毛吕老师在吗?



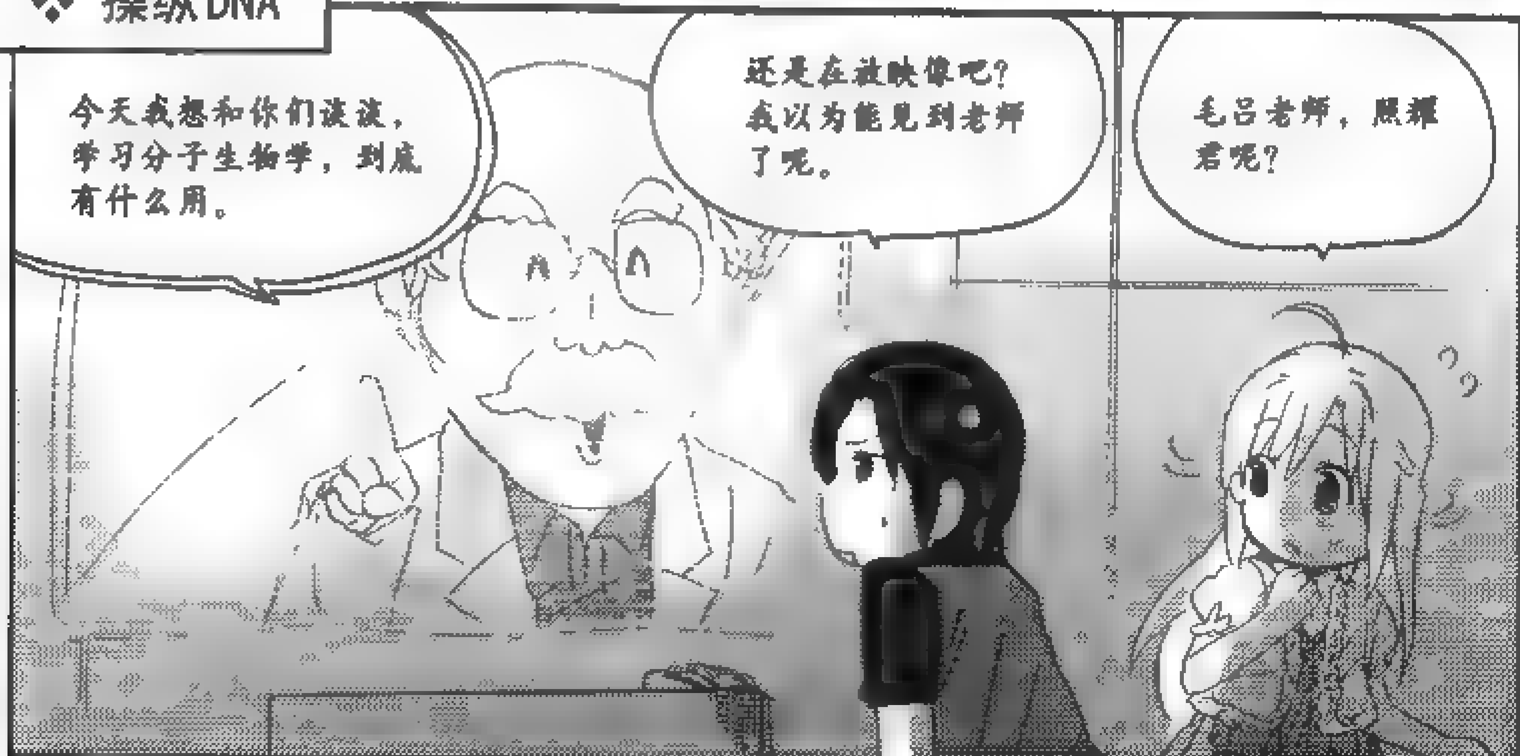

小玲，我们还
进去！?
还是进去
吧……


在干什么！
哇！
来啦！！


哈哈。
毛吕先生!


赶快坐到位子上去，后进生。
真烦，又开始训人！
监控得太厉害了

❖ 操纵DNA


今天我想和你们谈谈，学习分子生物学，到底有什么用。
还是在放映像吧？我以为能见到老师了呢。
毛吕老师，照耀君呢？

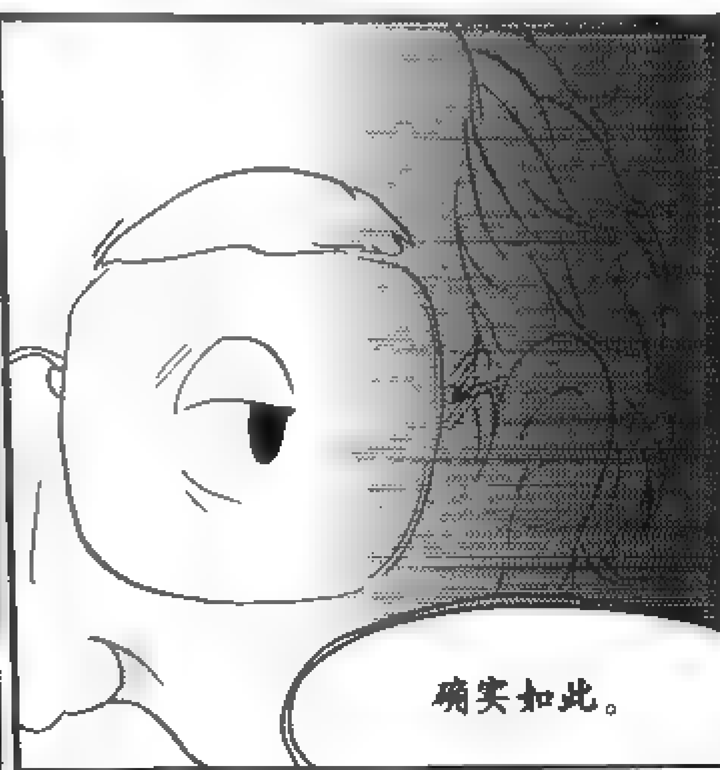

他现在正在帮我做研究呢。
一会儿我们就会和大家见面的。


为什么……
哦……
真辛苦。
那么继续吧。


我们已经讲过，生病是由于身体和细胞内的分子形态出现异常，


因此引起它的功能异常，这是生病的病因。还记得吗？
对，记得！


所以，研究分子生物学，就是要弄清楚一些疑难杂症的病因，这样才有可能找到治疗的方法。
蛋白质的异常或缺失
生病的症状


确实如此。

蛋白质由于失常而不能发挥正常的功能，由此引起的病例有很多。

检测一下蛋白质的合成图，用人工的方法对合成图进行研究和改造。

就能找到病因，并有可能找到它的治疗办法。

蛋白质的合成图……指的就是基因吧？

检测和研究基因，到底是怎么一回事？

❖ 品种改良与基因重组技术

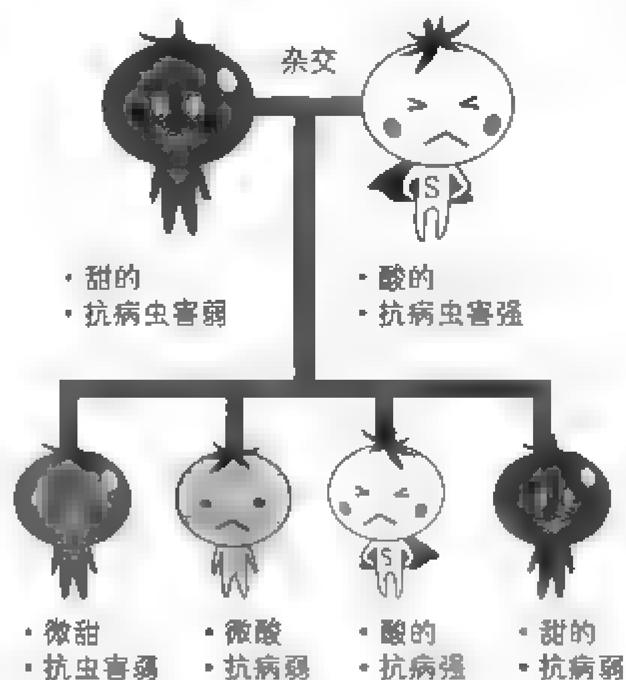
今天的课就会给大家讲解。

如果农作物抵抗不了害虫的话，很快就会枯萎。

如果不好吃的话，生产者和消费者都会很失望吧？

人类为了生产更好吃、更健康、更易栽培的农作物，通过技术手段，已经可以对品种进行改良了。

杂交技术改良品种



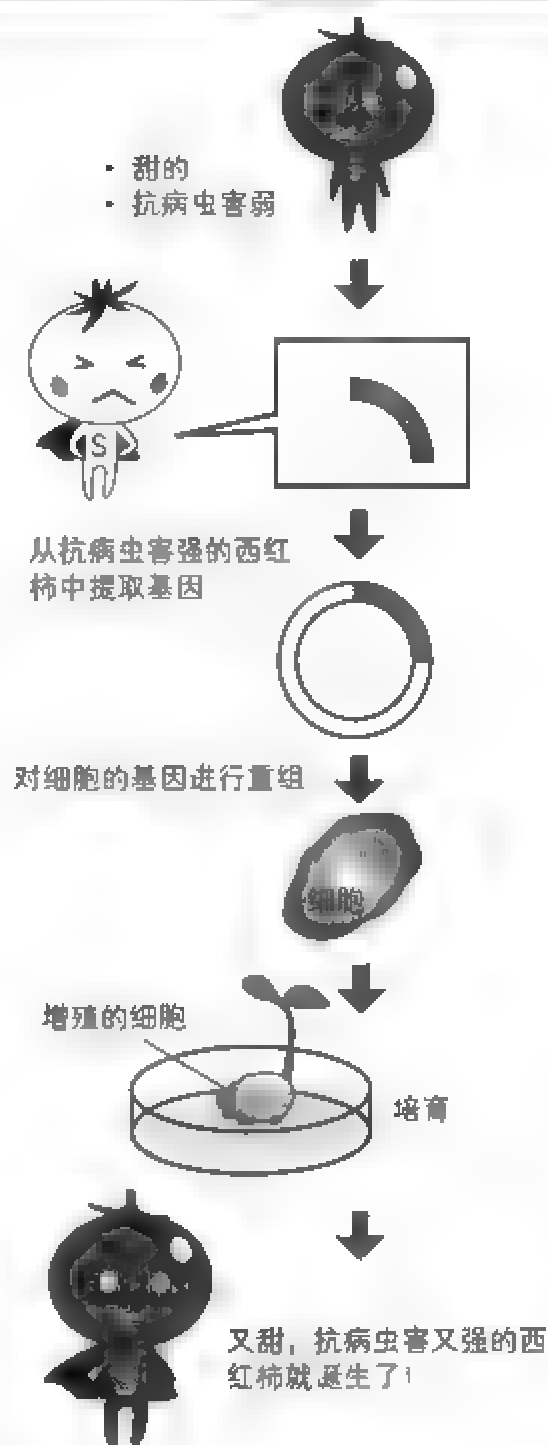
杂交产生的西红柿各不相同，选择又甜、抗病虫害又强的西红柿进行交配。

选择交配

选择交配

又甜、抗病虫害又强的西红柿就诞生了！

基因重组



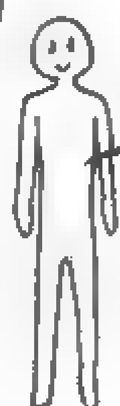
不过，通过基因重组技术，就省去了品种改良过程中的反复交配！

另外，我们不仅能生产出具有“抗病强”、“抗虫强”这种特性的蔬菜，

还有，

胰岛素这种蛋白质作为糖尿病的治疗药，能使血糖值降低。

以前是从动物的脏器中获得，因此生产大量的、对人无副作用的胰岛素是很困难的。



人的胰岛素基因

DNA

基因重组

载体（后述）

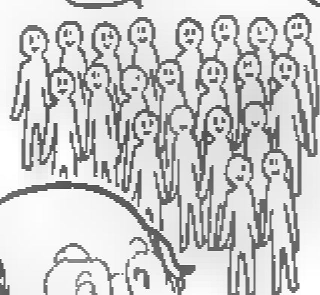
人的胰岛素基因

导入大肠杆菌

大肠杆菌大量的生产人的胰岛素



人的胰岛素





但是，通过基因重组技术，将人的胰岛素基因导入大肠杆菌，就可以大量生产治疗糖尿病患者的胰岛素。

“导入”是什么意思？



还有，就是基因重组是怎么回事？







附带说一下基因重组的3个操作步骤！

步骤1：扩增目的基因



步骤2：剪切、移动、粘接

将扩增的基因进行酶切，再连接到其他的基因上



步骤3 克隆，提取成功进行基因重组的DNA



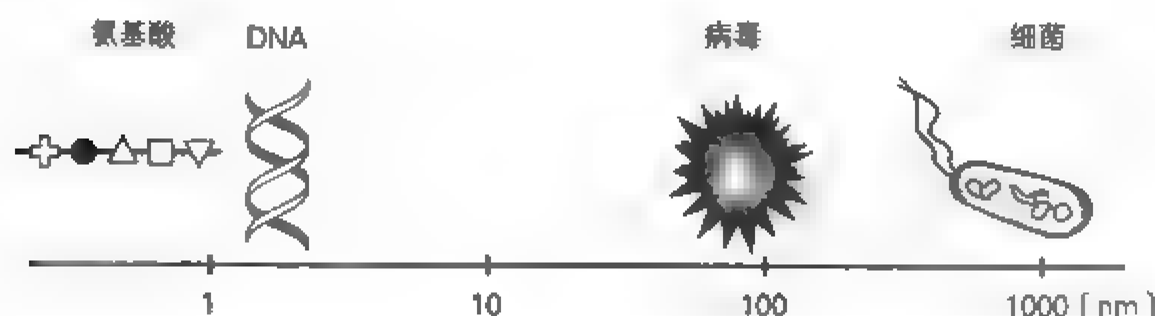




❖ 基因重组技术的一个实例

▶步骤1 扩增目的基因

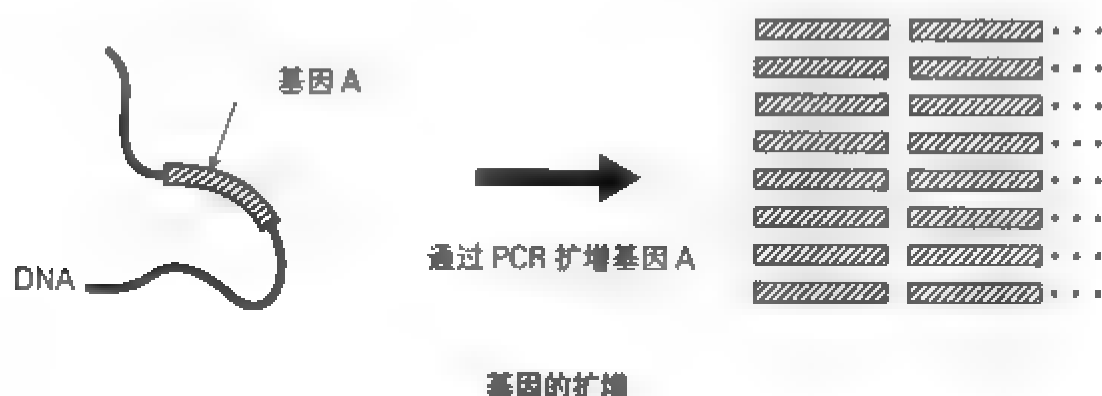
DNA双螺旋分子的宽度只有2 纳米（nm），1 nm是10亿分之一米（100万分之一毫米），像这样，由于基因的本体DNA非常小，我们肉眼是无法看见的。



肉眼看不见的东西，操作起来非常困难。究竟如何才能使肉眼看得见呢?

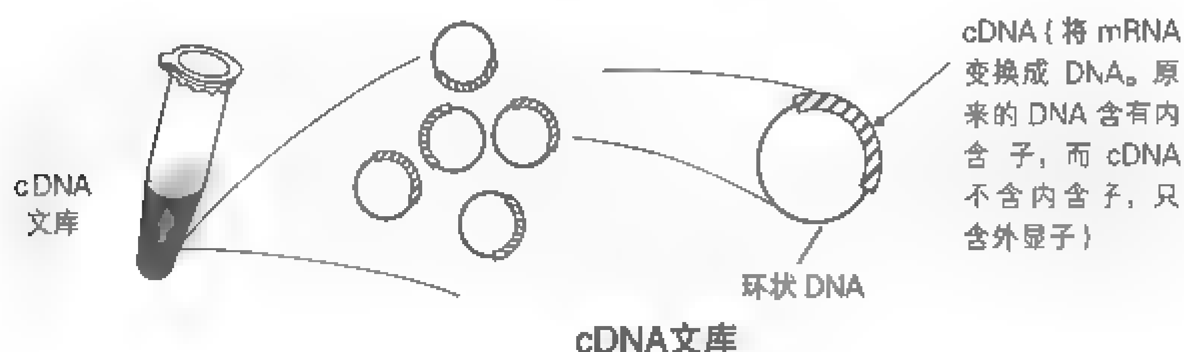
本书的开始提到过水（参照P9）。一个一个的水分子是我们肉眼看不见的，如果许许多多的汇集在一起，就形成了我们能看到的液体形态的“水”。同样，一个一个肉眼看不见的东西，将它们不断地扩增，就会变成我们肉眼能看得见的东西!

这其中的技术之一就是PCR（聚合酶链式反应）技术。PCR是将DNA上特定的基因序列进行扩增再将扩增的基因片断进行提取，通过加入试料来检测是否有目的片断的一种技术手段（PCR和它的原理，请参照后述的P215）。



基因的扩增

人、鼠等的基因都建立了“cDNA文库”，这些“数据库”可为每位研究者提供信息和帮助。通过市场购置，就能获得一种微量的液体物品，其中含有基因A的cDNA，再通过PCR的方法扩增基因A。



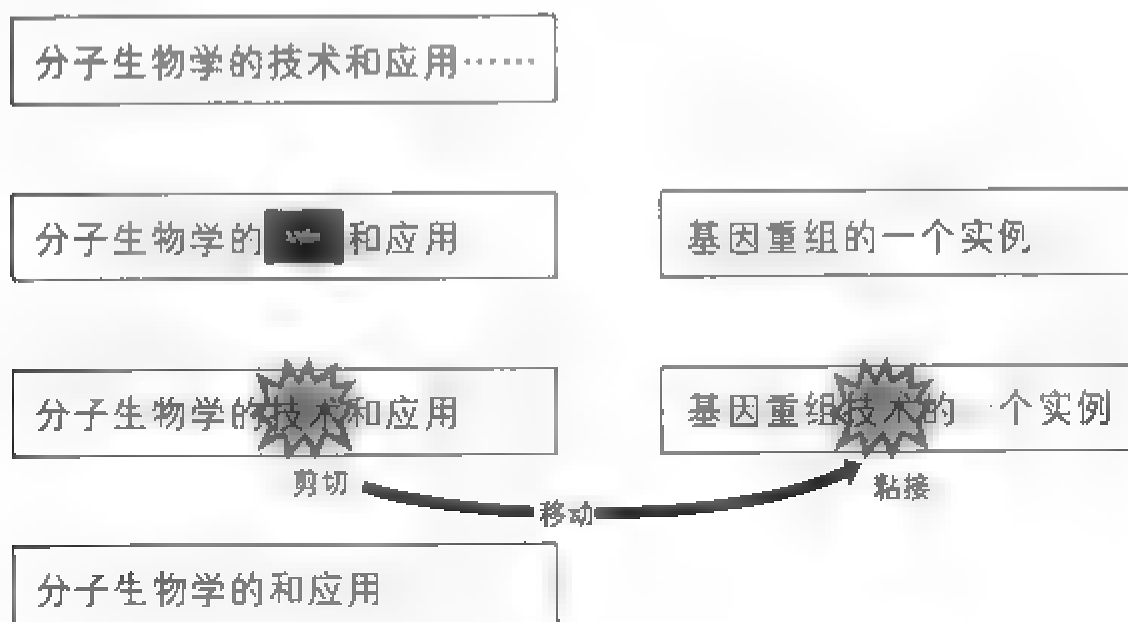
cDNA文库

在这里，关于目的基因的鉴定方法就不作介绍了。

▶步骤2 剪切、移动、粘接

接下来，需要将扩增的基因A插入到别的DNA中去。这种技术是基因重组技术的核心。

其原理就是剪切、移动、粘接。这和电脑中的剪切、粘贴操作十分相似，如果想把某段文章或词语用到别的什么地方，就进行这些操作。



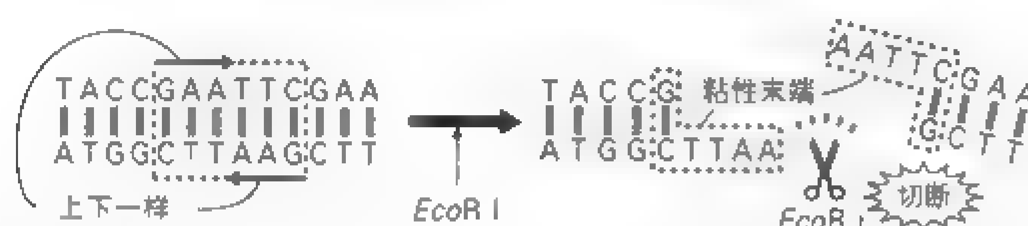
首先，是将扩增的基因A的两端进行切割，使之成为粘性末端。起切割作用的剪刀是一种被称为“**限制性酶**”的特殊酶。

什么是粘性末端呢?

限制性酶是专一性很强，切断“特定DNA碱基序列”的一种酶。正是由于它的专一性很强，使用起来非常方便。

例如，*Eco*RⅠ这种限制性酶，它只能切断“GAATTC”这种碱基序列。如下图所示，形成双链的另一条链，它的碱基序列反过来也是同样的“GAATTC”。

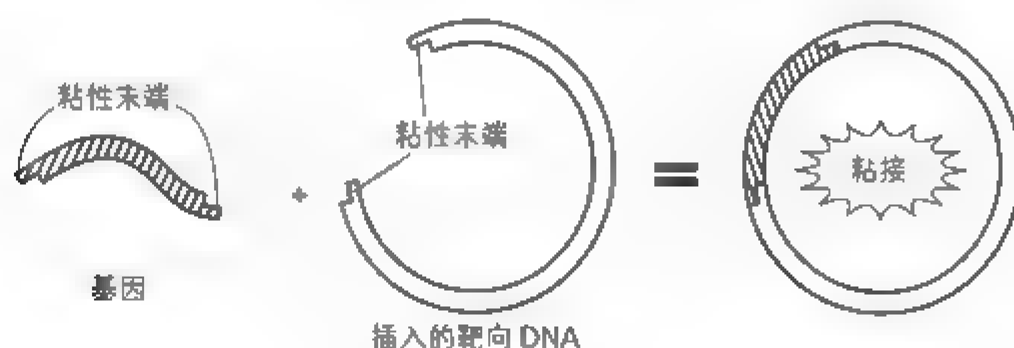
*Eco*RⅠ能将这一部分切割成为粘性末端，形成凸凹不平的接口。



因此，利用PCR扩增基因A时，事先将其两端设计成粘性末端再进行扩增就方便多了（详细内容请参照P216）。

如果带有粘性末端的基因A，要插入到某DNA中实现粘接，那这个DNA也应该是具有相同的粘性末端。因此这个DNA就应该用相同的限制性酶进行切割。

这样，用相同的限制性酶切断两条DNA链（基因和插入的靶向DNA），将它们进行混合，在DNA连接酶的作用下，使它们的粘性末端发生粘接，形成一条完整的DNA链。



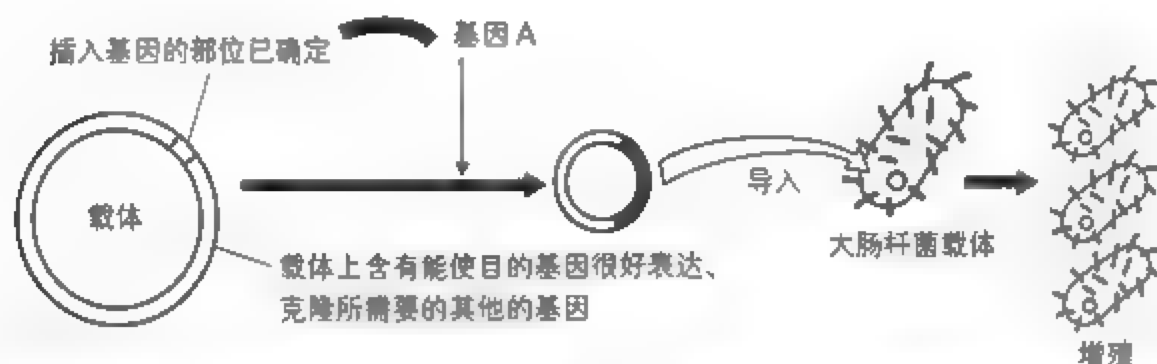
▶步骤3 克 隆

刚才我们提到了“插入的靶向DNA”。为什么基因A一定要故意插入到这个DNA中呢?

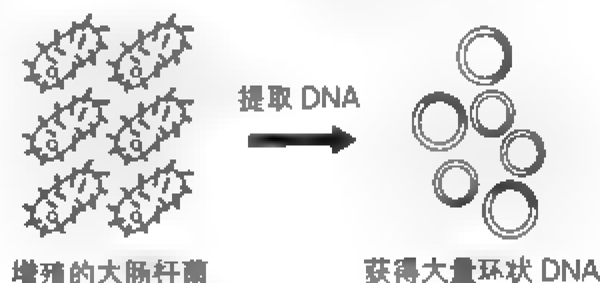
实际上，将某基因导入到某种生物，并使该基因能正常表达，就需要将该基因按上述的剪切、移动、粘接的方式，插入到专用的DNA载体上。

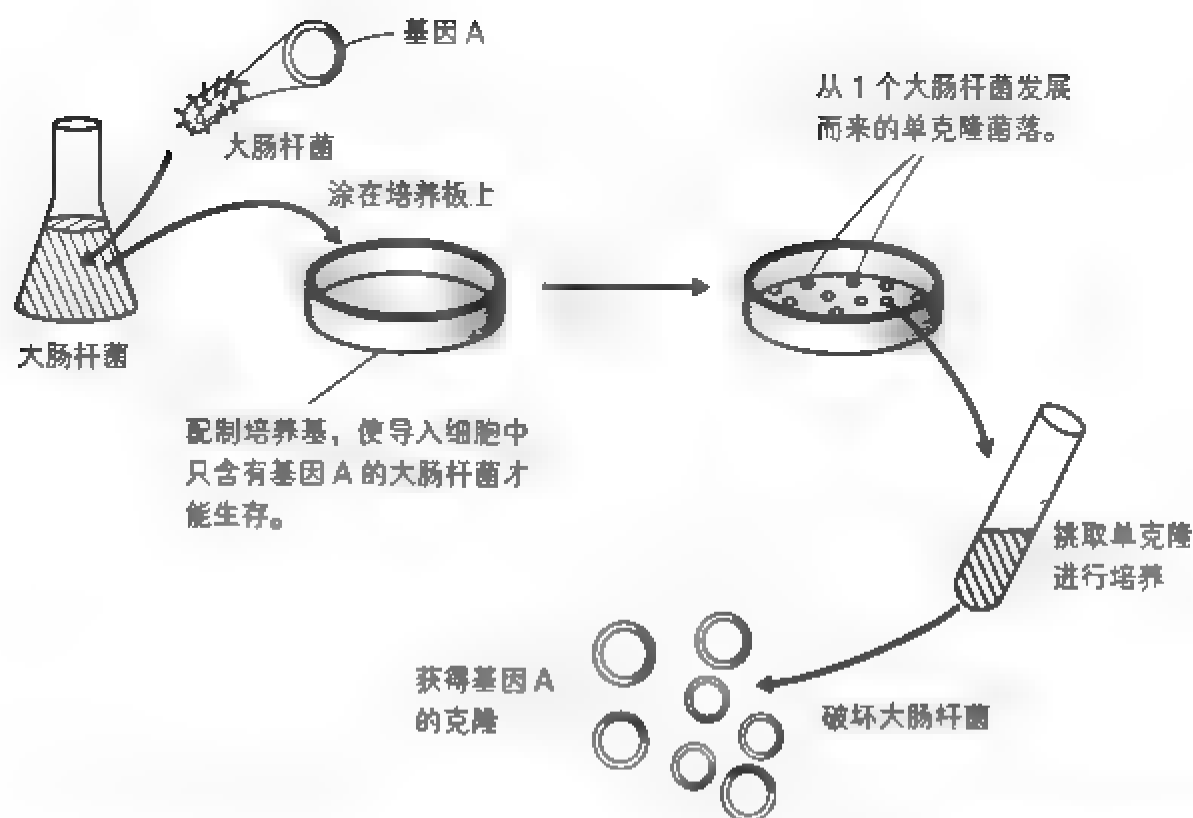
这种载体，通常是形成环形的DNA。最早是从大肠杆菌中发现的一种环状DNA，被称为质粒。研究者通过不断的技术改良，开发出适合各种目的的多种载体（也包括由病毒改造的载体）。

质粒原本是在细菌中具有任意复制的特性。所以从质粒由来的载体插入基因A后，再将其导入大肠杆菌细胞内（导入法有电转等多种方法），就可以大量地增殖。



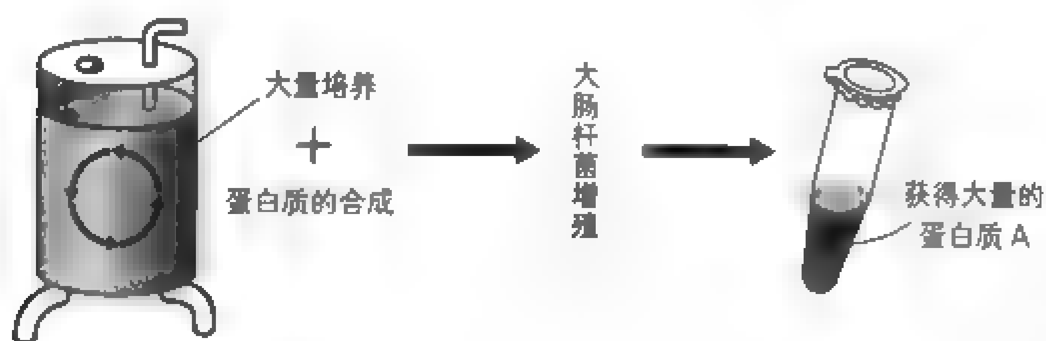
然后，将增殖的大肠杆菌破坏，提取、纯化DNA，获得大量均一的插入基因A的环状DNA基因群，这整个过程就是基因A的“克隆”。





注：菌落是细胞增殖后肉眼能看见的。

如果培养大量的这种大肠杆菌，导入的基因A就会产生蛋白质A，从而获得大量的蛋白质A。设计好载体，只需在大肠杆菌的培养液中，加入某种化学物质就能使基因A表达成相应的蛋白质。



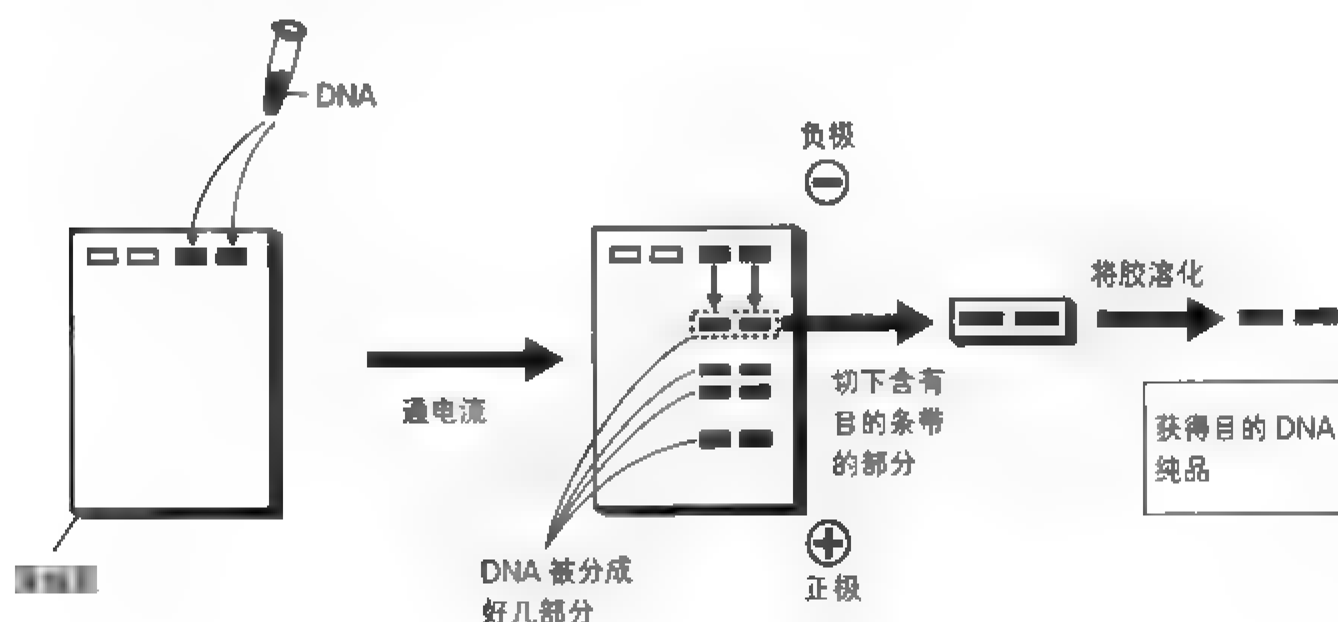
现在，除了大肠杆菌等细菌外，在昆虫和哺乳动物等细胞中，利用特异性的载体，也都能表达生产相应的蛋白质。

❖ DNA的检测和提取方法

前面讲到，基因可以扩增到肉眼能看见的程度。利用PCR技术扩增的基因，能达到装满我们眼前容器的程度吗?

虽说能扩增，但也不至于扩增到那种程度。我们检测基因的扩增，只是用电泳的方法将DNA进行分离，然后用紫外线照射，通过检测DNA发光的强度来分析扩增的程度。

这些含有相同长度，即含有相同碱基序列的DNA，在紫外线的照射下，会在琼脂胶上形成亮的条带，用刀将这部分琼脂胶切下，就可以提取DNA。其操作是，首先将胶溶化，然后用乙醇沉降DNA，再反复清洗后，就能获得大量的基因重组的DNA“纯品”（不含有其他碱基序列的片断）。



❖ 基因重组动物（基因敲除小鼠）



基因重组技术除了应用于农作物的改良和生产大量的药物之外、对于其他的研究也有重要的作用。

首先是对分子生物学本身的研究起重要的作用！例如，将某种基因导入到培养的细胞中，通过解析细胞的变化……



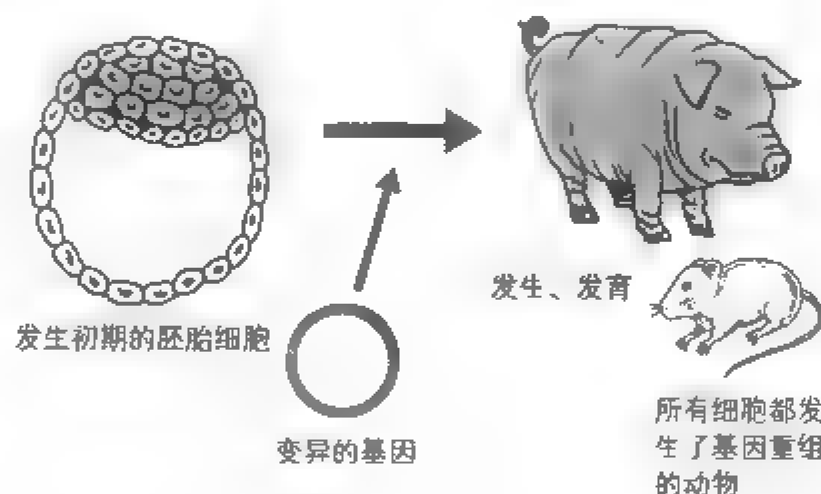
根据细胞的变化，就可以知道该基因产生的蛋白质的性质吧？



是的。也就是利用基因重组的技术，对那些在细胞中还不知道究竟起何作用的蛋白质进行研究，就会很容易地知道它们的功能。当然，这并不仅仅限于细胞水平的研究。



如果将某个基因导入到发育初期的胚胎细胞中、产生基因重组（全部细胞）或基因突变的实验动物通过研究动物的变化，就能知道这个基因的功能。这也是基因重组技术的应用。





在基因重组的动物中，常用于实验的是基因敲除的小鼠。为了研究某基因的功能，利用基因重组技术，将该基因的DNA破坏后导入“ES细胞”（体外培养的受精后胚细胞）中。



什么是ES细胞？

正常的小鼠

受精后3～4天的胚细胞

取出胚细胞块，进行体外培养。

ES细胞

敲除的基因

中间插入新霉素耐性基因

导入

载体

胚细胞

移植到子宫

在目的基因内插入新霉素耐性基因，目的基因就不能翻译成蛋白质，这就是基因敲除）。

出生

在含新霉素(或类似药物)的培养板上培养，基因敲除成功的ES细胞才能增殖。

交配

让嵌合体小鼠与正常小鼠交配。

嵌合体小鼠

正常小鼠

小鼠A 小鼠B 小鼠C 小鼠D

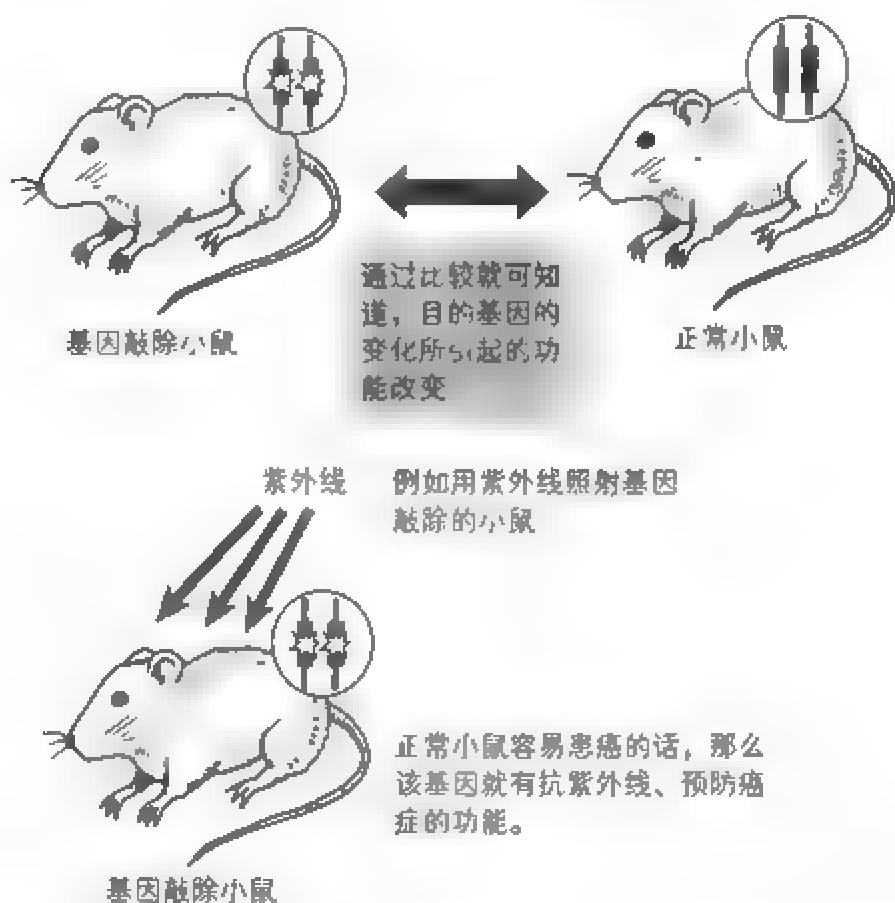
让小鼠A和小鼠D交配。

基因敲除小鼠（ES细胞的例子）的产生过程



ES细胞又叫胚胎干细胞，是可以分化成任何一种细胞类型的“全能干细胞”。

将嵌入目的基因的ES细胞，移植到小鼠的胚胎中，使之再重新发生、发育，就会产生部分体细胞中基因功能缺失（敲除）的小鼠个体。这种小鼠称为嵌合体小鼠。如图P202所示，通过多次交配，出生的后代中，就会产生全部体细胞中该基因功能都缺失的小鼠。这就是基因敲除小鼠的产生过程。





通过比较基因敲除小鼠和正常小鼠，研究它们之间的不同，就可以推测敲除的基因的功能。

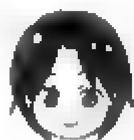
2007年诺贝尔生理医学奖，就授予了“发现利用ES细胞，产生基因敲除小鼠”的三位科学家。

② 基因诊断与基因治疗

❖ 检测基因就能预防疾病吗



你们听说过“代谢综合征”吗?



“代谢”听说过……我爸爸就……



等一下，我们一般认为腰围超过85cm，就说明代谢有问题。其实这种认识是错误的。



不对吗?



正确地讲，“代谢综合征”是指内脏脂肪堆积过厚的人群，基本特征是具有三高（高血糖、高血压、高血脂）中的两高以上。得了高血压、高血脂这种疾病，是由于饮食、运动等生活习惯，生活方式所遭成的，因此我们称它为“生活习惯病”。生活习惯病包括：糖尿病、心肌梗死、脑卒中、大肠癌等，是随时都有可能发病而引起死亡的一种重病。



运动不足、暴饮暴食也是原因啊?



当然啰。不过，在生活习惯病中也有与生活习惯无关，而是由遗传性因素所造成的。



!



什么是遗传性因素?



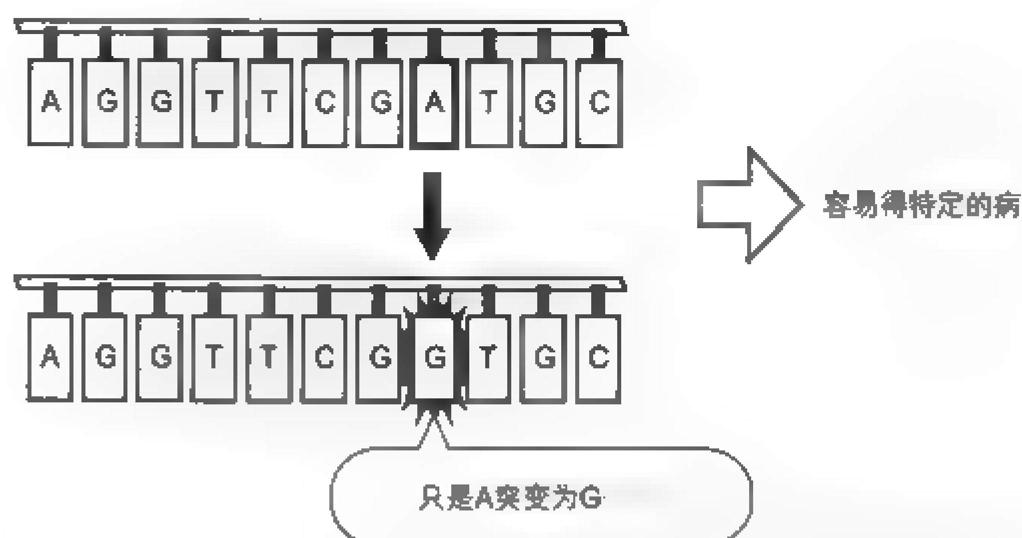
在有些生活习惯病的患者人群中，容易发生基因突变。这是统计学研究的结果。



也就是说，这些患者的疾病并不一定是由于自身生活习惯所造成的。



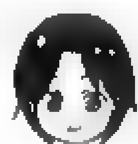
是的。基因突变，往往是在DNA上一个碱基所引起的突变。已经知道像心肌梗死、某些癌症等得病几率较高的，大多是这种病例。



注：这是概念图。并不表示图中的碱基序列就容易得特定的病。



最近的研究表明，“某个基因的某个部位，从什么变成什么容易得心肌梗塞”这方面的原因已经明白了。如果将这方面的数据进行整理，检测一下自己的基因，就可以预测自己将来得这种病的概率有多高，得其他病的可能性有多大。



能够知道将来得的病……太可怕了。我可不想知道。



我也不想知道。先知道了，又能怎样呢?



可以想什么办法吧……



想什么办法……作心理准备啊……



心理准备也是有必要的。通过“基因诊断”，就可以预先知道自己容易得什么病，就会知道“我的生活习惯应该怎样改善”；“如果这样的话，我的病就会晚得”，从而使“预防医疗”得到更好的发展。



是啊！还是有用的！



嗯……确实有必要。

❖ 基因治疗



特别是最近有“基因治疗”这种新的治疗方法。



我听说过“基因治疗”！



到底是什么样的治疗方法呢？



天生的基因异常，如果是与生长相关的重要基因，有的会在出生后就死亡，有的会在幼体时死亡！



为了救治这种患者的生命，将正常的基因插入到专用载体上，再通过人工的方法导入到患者的细胞中，从而达到治疗的目的。这就是通常所说的“基因治疗”。

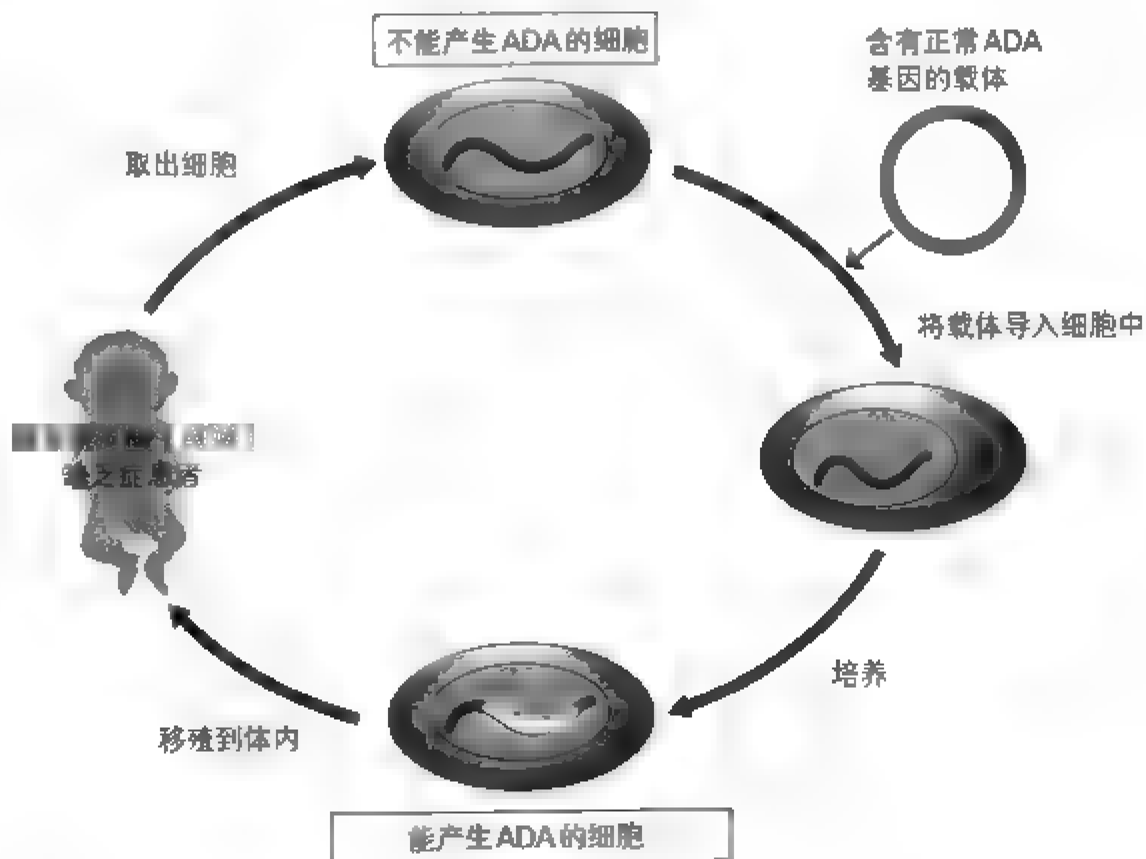




哇塞，太不可思议了！



世界首个基因治疗获得成功的案例1990年美国的腺苷脱氨酶（ADA）缺乏症的治疗。





腺苷脱氨酶缺乏症患者缺失参与核酸（DNA和RNA的通称）代谢基因（ADA基因）的人，通过对这类患者注入正常的ADA基因，就可以达到治愈目的，这就是基因治疗法。



基因治疗的研究如果发展到很高水平的话，就会实现治疗所有疑难杂症的梦想吧！？



不，并不那么简单。



为什么呢?



日本在1995年，采用基因治疗法治疗相同的病例。此后，又先后对脑肿瘤、乳腺癌等患者开展了基因治疗，但目前只是限于对特定病例，实际上采用基因治疗的例子并不很多，因此也可以说这种治疗方法还只是处于研究阶段。

另外，许多基因的操控还受到伦理、观念等的制约，另外，对生殖细胞的治疗还会对子孙后代产生很大的影响，因此这种治疗方法并不被接受！





嗯……操控基因似乎是“神灵”做的事情，会受到伦理、道德、观念等的制约也在情理之中。



这种治疗需要花费很大的人力、物力和财力。目前，对用其他方法治疗无效的疾病，如ADA缺乏症，才限定使用基因治疗。



不过……



我知道你想说什么。当然，我们不能忘了那些对基因治疗还抱有期望的患者啊。



这是个难题啊！



……

3 当今的达·芬奇在哪里

❖ RNA复兴时期

生命进化早期的世界，被称为是“RNA世界”。这是因为在DNA诞生之前，RNA被认为担当基因的角色而发挥着功能。

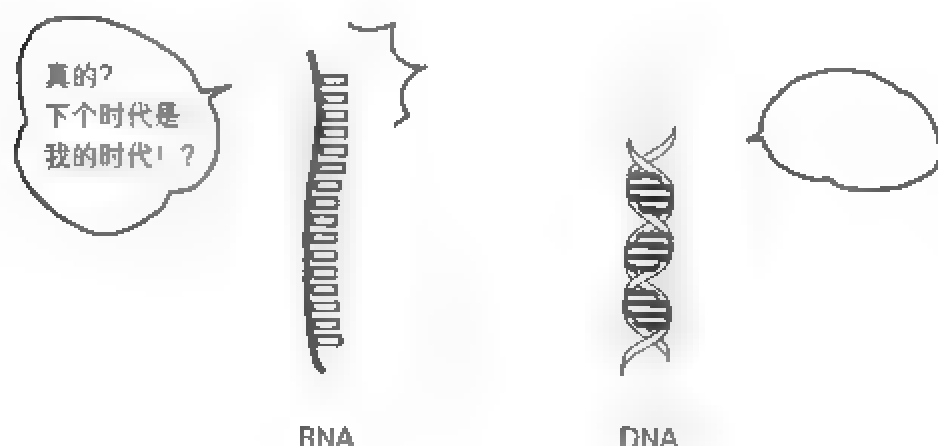
DNA这种物质作为基因发挥着功能，它具有比RNA更为稳定的性质，于是就诞生了现在的“DNA世界”。RNA就好像是主动让出了自己的主角位置。

但是，实际上……

在这背后，RNA不是一直掌握着自己的主动权吗？关于这方面的研究成果，最近在世界范围内不断地得到验证。

在分子生物学的世界里，对DNA的研究经久不衰，具有连续性。而对RNA的研究则具有阶段性，经历过一段时间的冷落，现在就像是到了开花的季节，突然间对它的研究盛况空前，有人甚至称它为“RNA复兴时期”。

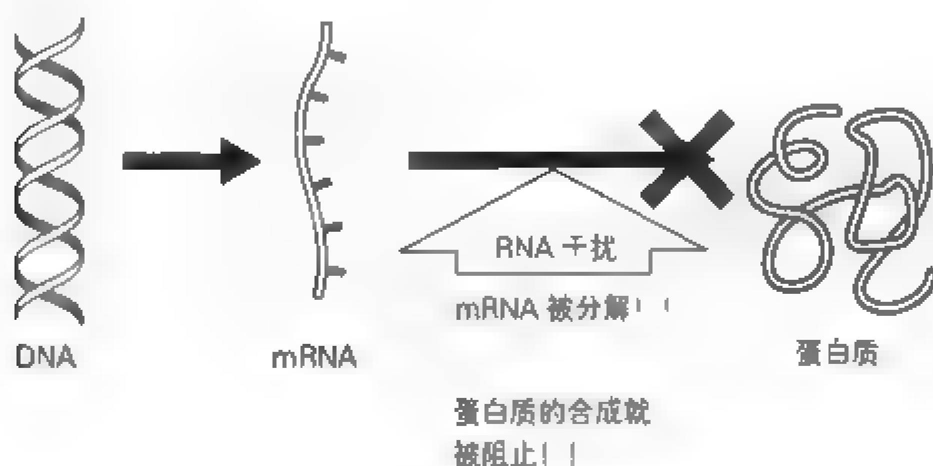
就像13~15世纪欧洲的文艺复兴一样，如今，对RNA分子的研究高潮，再次开始席卷世界。如果您还认为RNA仅仅是DNA的转录产物的话，那就大错特错了。



❖ 爱管闲事的RNA

2006年诺贝尔生理医学奖，就是授予了发现“RNA干扰”这一现象的两位美国分子生物学家Andrew Fire和Craig C. Mello的。是RNA吗？它究竟干扰什么？又是如何去“管闲事”的？

事实上，某些很小的RNA，通过“管闲事”的方法，对携带有遗传信息的mRNA进行干扰，最终将mRNA进行分解。

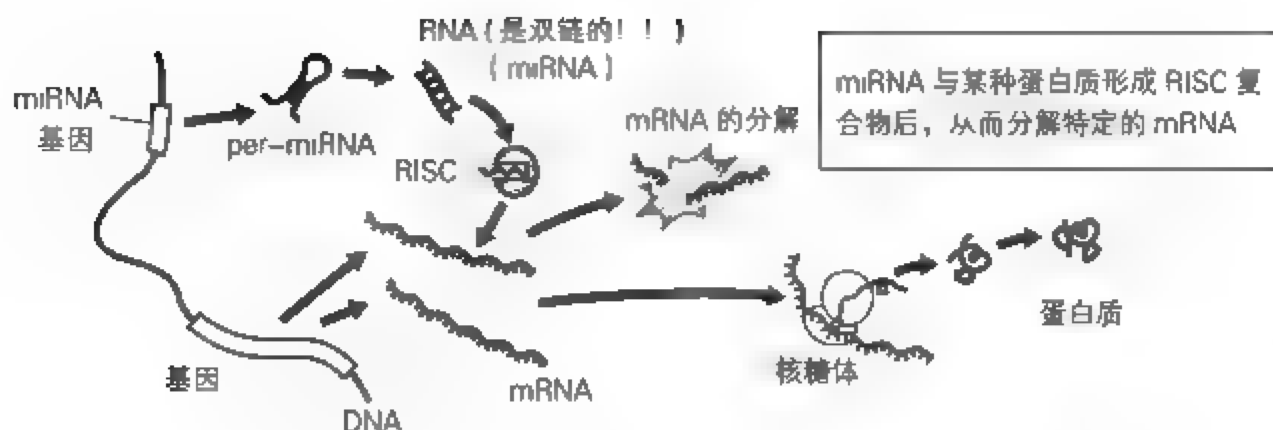


这很不好。如果mRNA被分解的话，那就不能合成相应的蛋白质了。

那么，这么不好的机理为何还会获得诺贝尔奖呢？

这是因为，对mRNA本身不好，但对整个细胞而言是一种很好的干扰行为。mRNA被分解，使基因表达的程度受到抑制，从而使基因的表达调控维持在一个很好的水平。RNA干扰最初被认为是机体防御病毒的一种机制，但最近的研究表明，这种爱“管闲事”的“小RNA”，在我们机体的细胞中发挥着更重要的功能。

无论什么社会，有推进事情发展的激进派，就会有阻止事情发展的保守派，从而使事情趋于平和，达成平衡。基因的表达也是如此,因此，以小RNA为中心的理论体系，被称为是“另一类核酸”。



tRNA和rRNA也是如此，它们与低分子干扰RNA（siRNA）和小分子RNA（miRNA）一起，都被通称为“短RNA”。短RNA与mRNA不同，它们并不是蛋白质的合成图，而是具有各自独特的功能，被称为“功能性RNA”。已有研究表明，老鼠（小白鼠）的染色体，其中70%的DNA转录成mRNA和这种功能性的短RNA。我们人类的染色体中，也有相当一部分转录成这种功能性的短RNA。

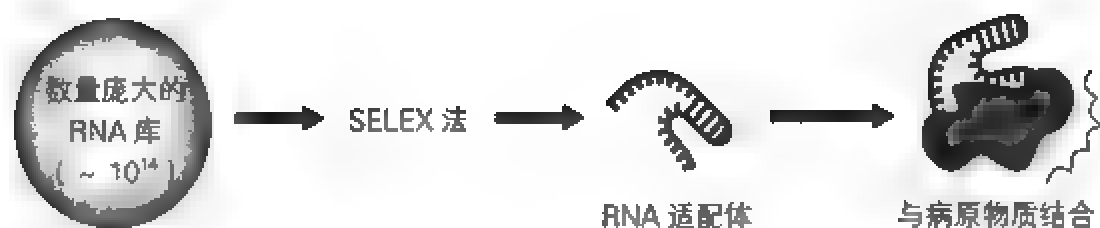
有关RNA干扰，它的作用机理已经逐渐被人们所认识，但还有许多问题没有弄清楚，例如为何要合成那样的RNA？合成那样RNA的意义何在？诸多疑问都有待于我们进一步地去解开。

❖ RNA能治病吗

随着RNA研究的不断深入，人们已经开始利用RNA进行疾病的治疗，使RNA具有像药物一样的功效，它们被称为“RNA药物”。

利用RNA干扰（siRNA）进行药物研发，是“RNA药物”的主要特征。简单地说就是通过对碱基序列（也就是A、G、C、U的顺序）的改变，合成不同形式的小分子，利用它们就会很容易地分解靶向RNA。

实际上，根据不同的碱基序列，可以合成种类繁多的RNA，从其中挑选出能与致病的异常蛋白质结合的RNA（挑选RNA是一种人工试管的方法，叫“SELEX”法，指数富集性配体系统法），获得这种专一、高效的RNA，就叫“RNA适配体”。



利用RNA适配体进行药物研发，就可以达到治疗疾病的目的。目前，全世界范围内已经开始进行这项研究了。

另外，RNA虽能很容易地被分解，但之后是否能很容易地排出体外，也就是中间产物是否会产生副作用，这是一个值得关注的问题。RNA是否会成为理想的药物，仍是今后研究的一个课题。

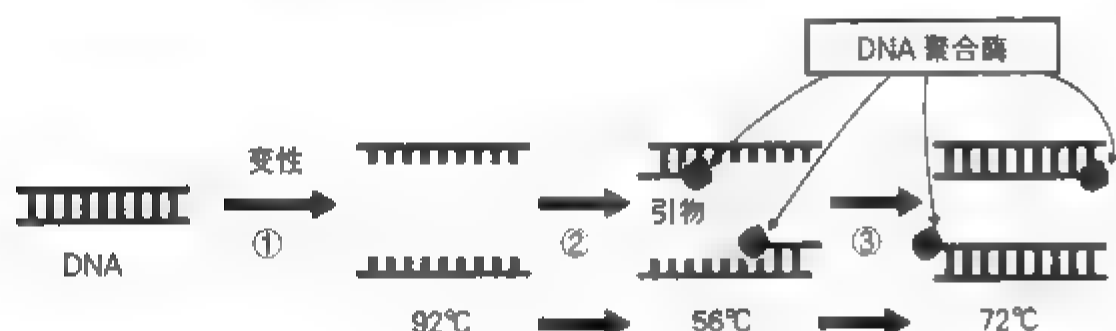


4 PCR是一种什么样的方法

将基因扩增到肉眼能看到的程度，这种技术叫PCR（聚合酶链式反应）（参照P195）。在这里，我们再详细地学习一下吧。

请回想一下在第3章学过的内容，完成DNA复制的蛋白质主要是DNA聚合酶。PCR就是利用DNA聚合酶，使它反复复制基因，从2倍到4倍、从4倍到8倍、从8倍到16倍……从而使基因不断扩增的方法。

PCR的特殊之处就在于，通过将温度规律性地上下调控，从而使复制连续不断地进行。因此，要求DNA聚合酶不会因为温度的升高而失活。



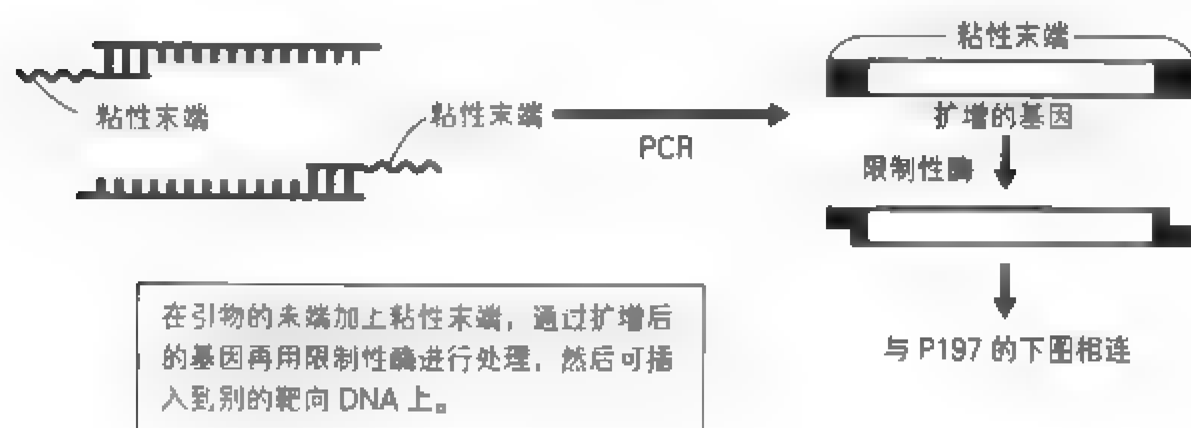
① 升高到 92℃，使 DNA 变成单链。
② 降低到 56℃，使引物结合到每条单链上。
③ 在 72℃，DNA 聚合酶合成 DNA。
④ 再升高到 92℃，使合成的双链 DNA 再分离成单链。这样循环多次。

通常，我们体内的蛋白质，温度达到40~50℃之后，它的酶活性就会丢失，也就是酶失活。但是在沸腾的温泉里生存的生物（确实存在这种生物），其体内的蛋白质很“强”，在这种很高的温度下仍然有很好的酶活性。

开发PCR技术的人，就是注意到了这一点，利用生存在温泉里生物体内的DNA聚合酶在温度上下变动时也不会失活的特性，从而达到连续复制，实现聚合酶链式反应的目的！

PCR技术的开发就是这样，通过调控温度上下变动，使基因能很容易地进行扩增（发明者Kary Mullis于1993年荣获诺贝尔化学奖）。温度的上下变动，可以输入程序让仪器来调控，操作者只要将最初的基因（DNA）、DNA聚合酶、合成DNA的原材料——脱氧核苷酸、引物（复习P119）加入反应管中，放入仪器内等待几小时之后，就会得到扩增的（大量合成的）目的基因。

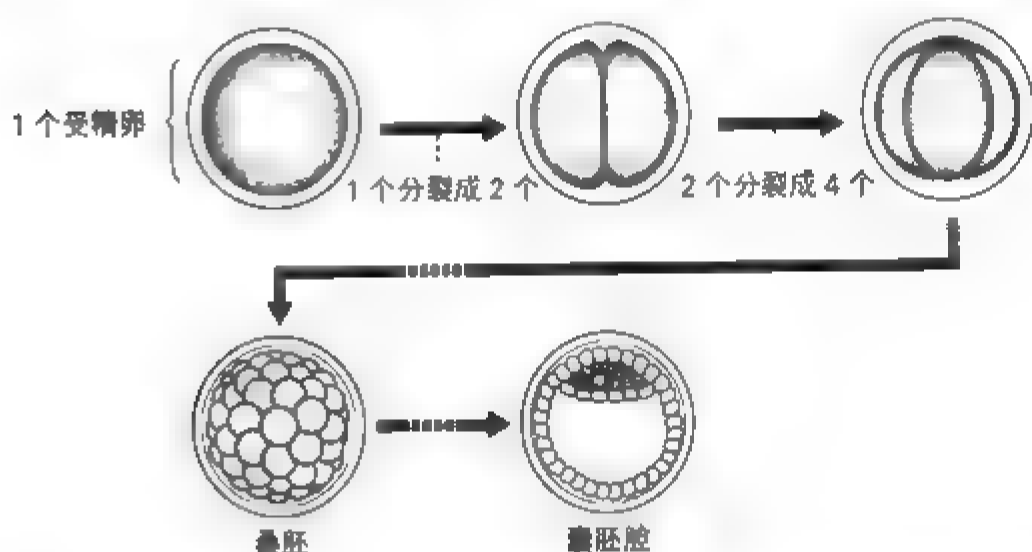
另外，有关引物的问题在P197已经学过，如果带有粘性末端，可通过限制性酶进行酶切处理。



现在，PCR技术已经得到进一步的开发，新的方法如“RT-PCR”和“定量PCR”都已经成为各国科学家广泛使用的技术手段。

5 克隆生物的操作方法

我们的机体，是从一个受精卵开始的。受精卵经过无数次的反复分裂，成为多细胞的胚胎，这些细胞再进一步分化，具有各自不同的功能，最终形成了我们的机体。下图所示的就是在胚胎形成过程中所经历的各种状态。



事实上在每个细胞被分化（具有功能）之前，将胚胎从雌性的腹腔中取出，把细胞分离，并取出它们的细胞核，分别再将这种细胞核注入到无核的未受精卵里，将这种融合细胞再移入到雌性的腹腔中，许多具有相同基因（染色体）的个体就产生了。现在，在畜牧业领域，利用这种方法可以获得许多“具有相同基因的个体”，也就是说可克隆出许多个体（参照P218）。

克隆，听起来是否有些令人毛骨悚然？为什么呢？

从1个受精卵到许多相同的个体……感觉似乎在哪听过吧。对了，同卵双胞胎，就是从1个受精卵发生、发育成两个个体。但不可思议的是，我们对此还知之甚少，就已经能够利用这种方法，使牛等家畜从1个受精卵，发育成许多个体，从而实现繁殖的目的。虽然和通常的交配相似，存在雌性和雄性的亲本，但诞生的许多克隆牛都拥有相同的基因，却并不是亲本牛的克隆，所以让人有些毛骨悚然，又有一种难以言状的厌恶感。

6 生物的进化与人类的未来

❖ 从基因的角度探索生物的进化

随着基因操作技术的发展，生物进化的有关研究也得到了前所未有的发展。

生物的进化，与生物的生存环境、与其他生物间的相互作用（在食物链中的位置）等外界条件相关联。即使如此，它们的基因、DNA无论发生什么样的变化，它们的性状都将永远地传递给子孙后代，否则生物的进化就不可能进行下去。

DNA的变化，也就是碱基序列的变化，是自然发生的就称“自然变异”。有些基因的某些碱基序列既使发生很小的变化，也能使染色体的等位基因发生较大的重组。说得更极端一些，只要一个碱基发生变化，就会使蛋白质发生改变，这或许就是进化引起的结果。

像这些，DNA碱基序列的变化，以及相应蛋白质的变化在生物的进化中是起着非常重要的作用的，它们被称为“分子进化”。

某种生物与其他生物在进化中有多近的亲缘关系，或者说这种生物归属哪类，实际上通过基因检测就可以预测。通过基因的检测、比较，可以知道碱基序列相似度更高的生物间，在进化上具有的更近的亲缘关系。

分子进化的研究，是随着分子生物学的诞生，将进化的现象用分子水平来进行鉴别而发展起来的。分子生物学不仅可以解明生物的基本结构，还可以弄清楚生物是如何进化的以及它们的进化历程。

❖ 分子生物学的未来

现在，分子生物学已经进入到“基因组学”的时代。对生物的研究正在从基因组学研究（也就是DNA的所有碱基序列）到生物结构学研究全方位地展

开。前面介绍的RNA研究和分子进化学，可以说是基因组学的一个重要组成部分。

但是我们并不能忘记，在分子生物学领域，还有一项对未来社会具有深远影响的重要研究。2007年京都大学的研究小组，用人的皮肤细胞成功地诱导出“万能细胞”，这个消息是轰动性的。

万能细胞（准确地叫iPS细胞，人工多功能干细胞）就如同受精卵一样，是一种能分化成任何细胞、任何组织的细胞。

以前所说的万能细胞叫ES细胞，只能是从发生初期的胚胎中取出、分离、培养而获得。而这次，京都大学的研究小组是用成人的皮肤细胞，成功地诱导生成“万能细胞”。

那么，万能细胞有什么功效，为何会引起那么大的轰动?

首先，万能细胞具有全能性，能制造成任何一种内脏器官。

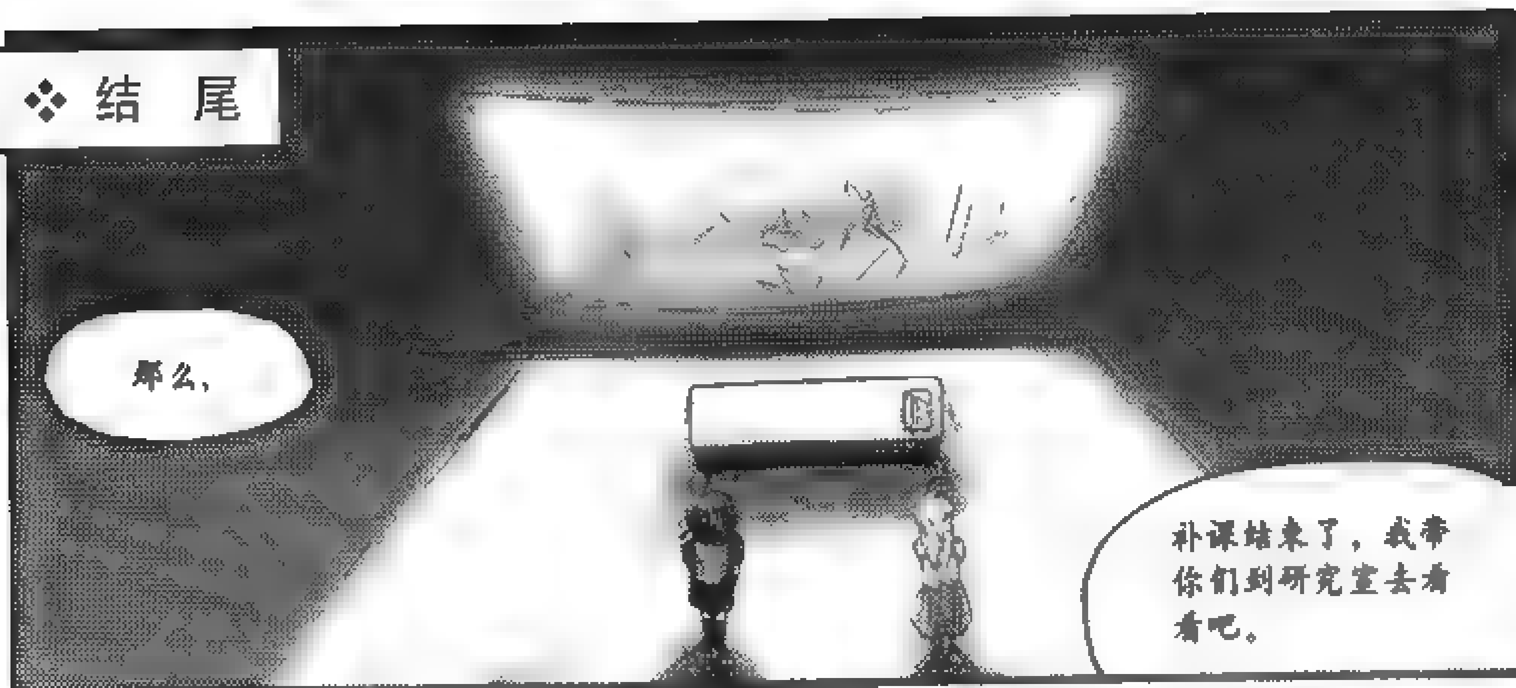
如果能利用自己的皮肤细胞诱导生成万能细胞，就可以制造出我们需要的某种组织或器官。例如，对严重的心脏病患者而言，利用患者自身的细胞，合成一个新的心脏，再通过移植手术治疗，就能期待病人的治愈，并且还避免了移植他人器官所带来的排斥反应。当然，这种希望和梦想，只有通过今后的研究和努力，才可能变为现实。

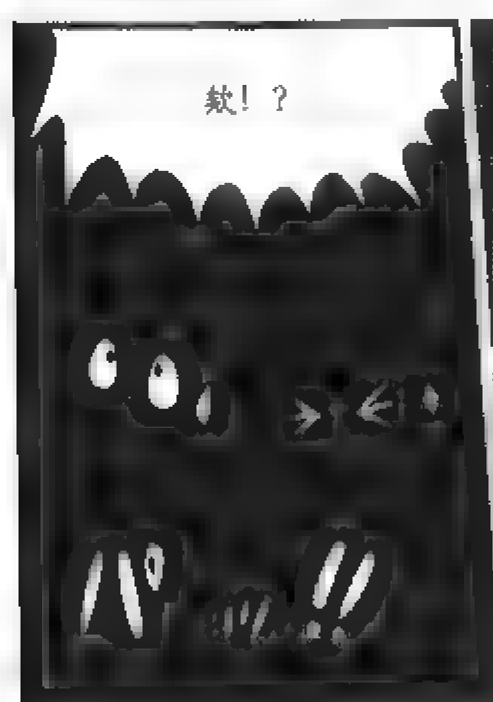
其次，胚胎能发育成完整的个体，而从胚胎中获得ES细胞，持反对意见的人很多，并且还受到伦理性的批判，如果使用成人的皮肤等细胞诱导生成iPS细胞，就会很好地避开伦理性的问题。

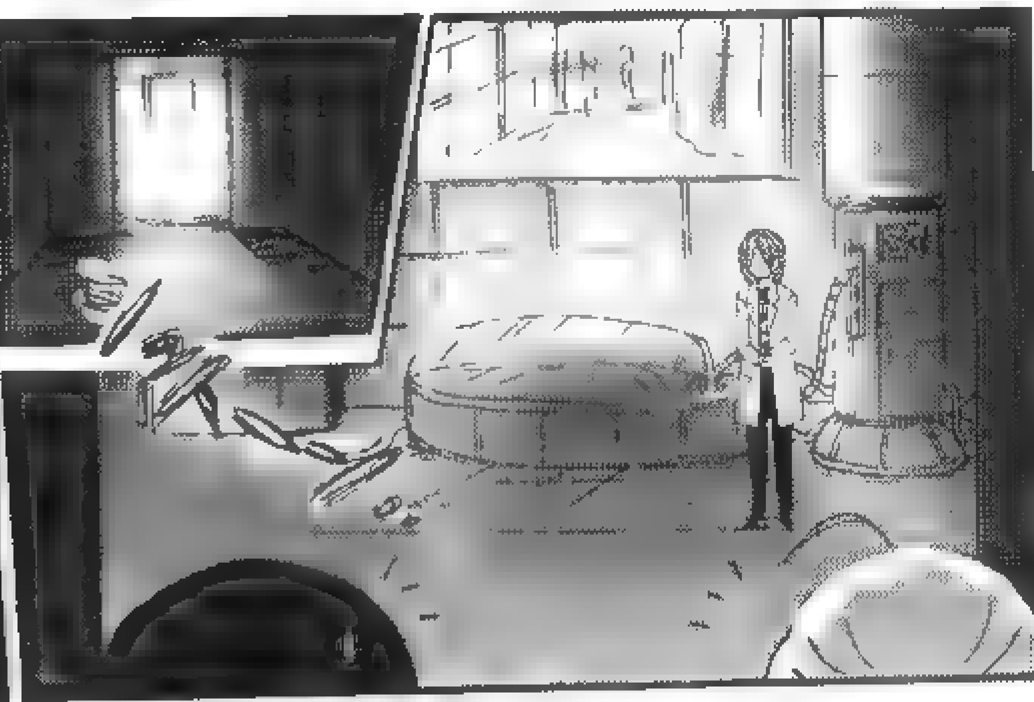
这种万能细胞，就是利用基因重组技术，只将几种基因注入到皮肤细胞就能诱导而成。这是分子生物学研究成果的发展、积累的体现。像这样，形成了新组织、新器官的再生技术，以及与这些相关联的基础研究领域，被称为“再生医学”或“再生工程学”。

因此，分子生物学是从基础研究到未来社会，与我们人类密切相关的一门学科。

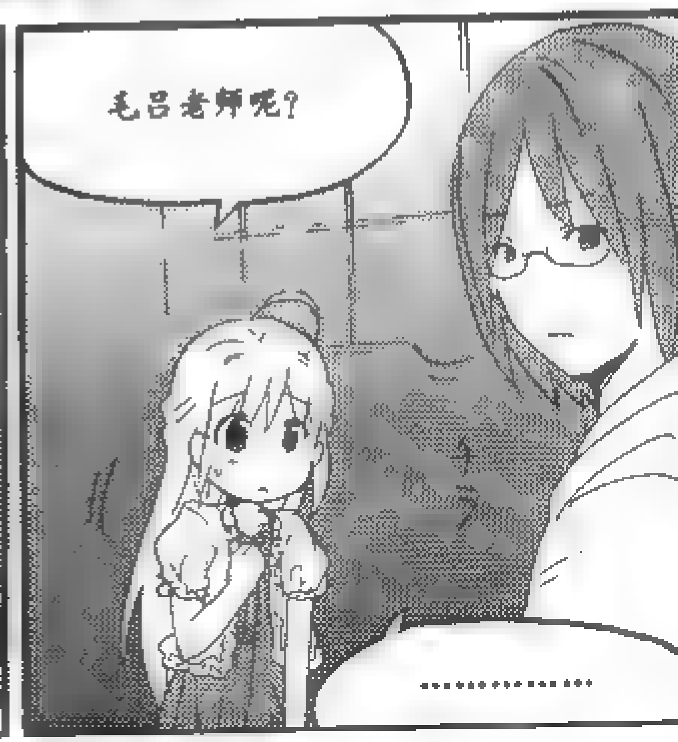
❖ 结 尾

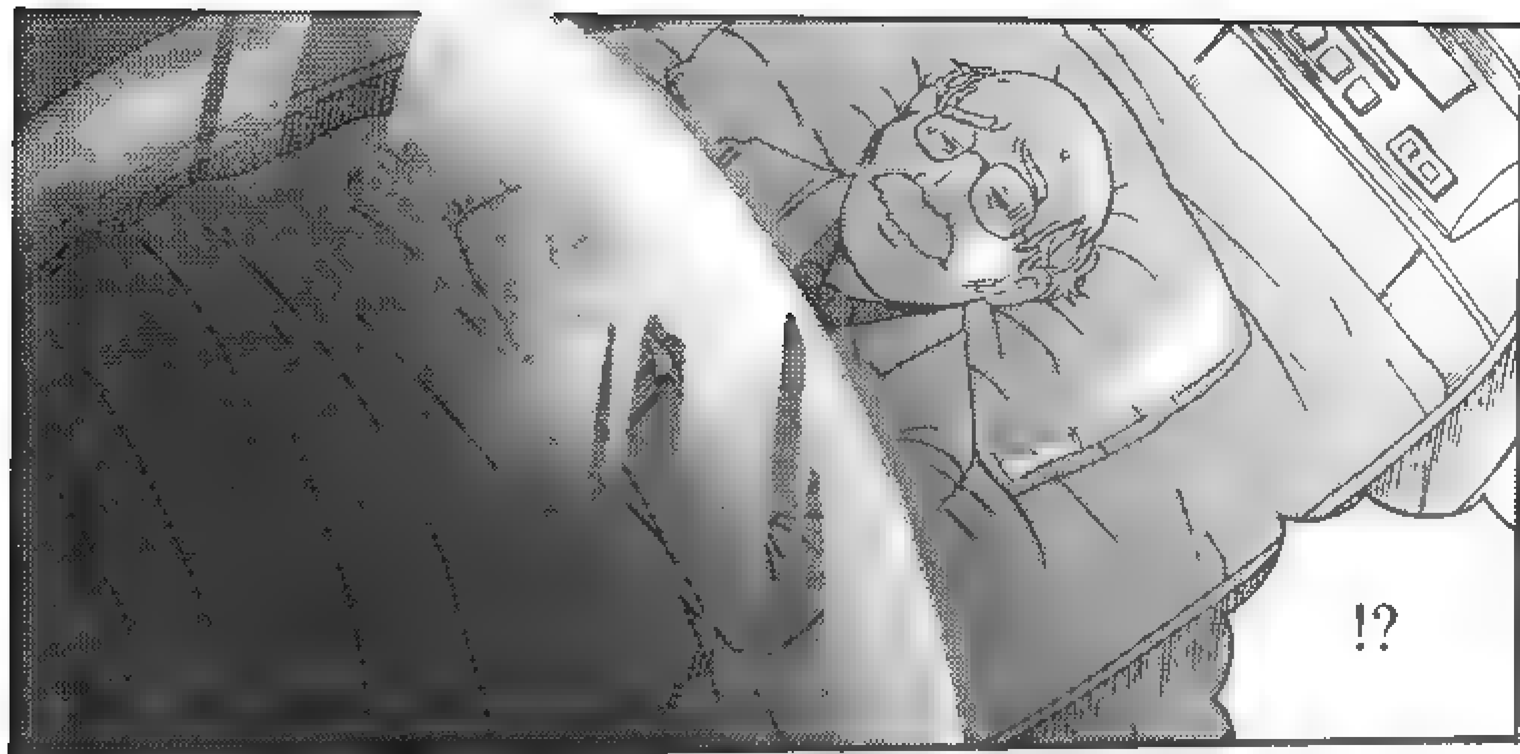






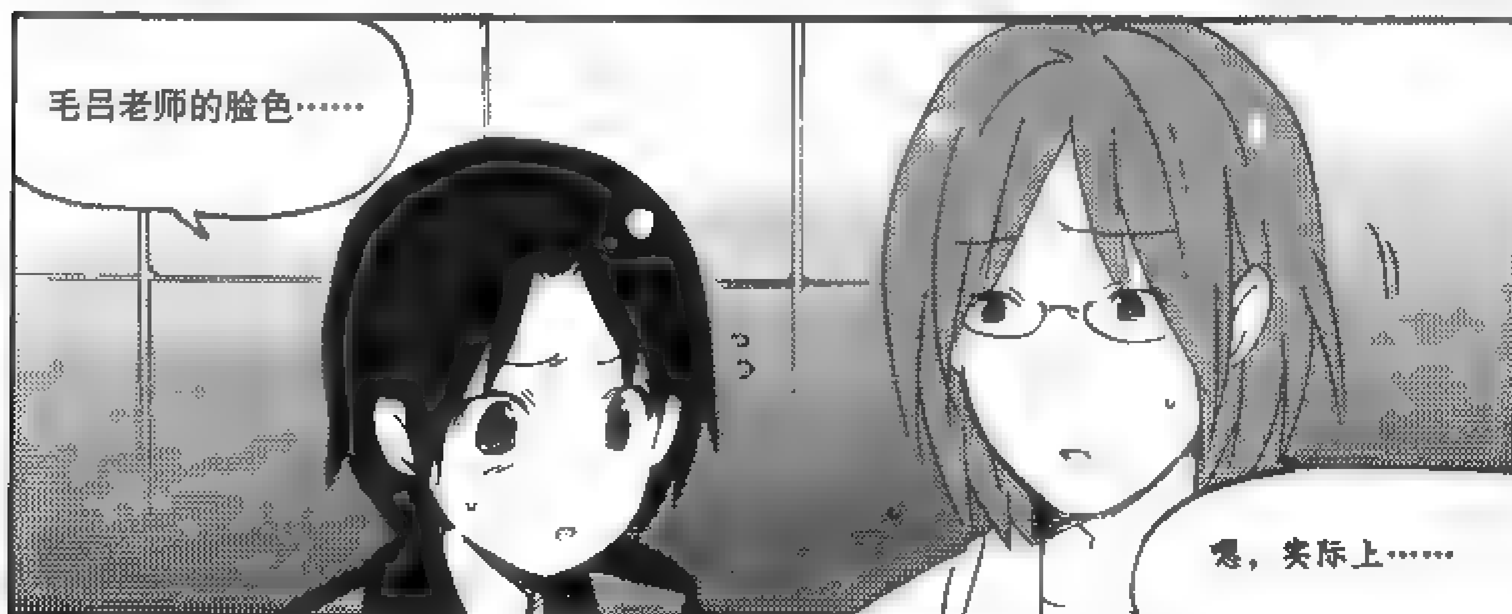





!?


在午睡吗?
起来了……
没有!!


博士!
请别激动，要注意身体!


毛吕老师的脸色……
嗯，实际上……


他已经得了不治之症。
什么？
不治……

不治之症！？

现代的医学已经无计可施，
博士的生命还有2个月……
是……是吗？

说得太严重了吧！
说不治之症，只是局限于
现在！

在未来的日子里，一定会治好的。

!?

这是毛吕博士开发的“低温睡眠器”。

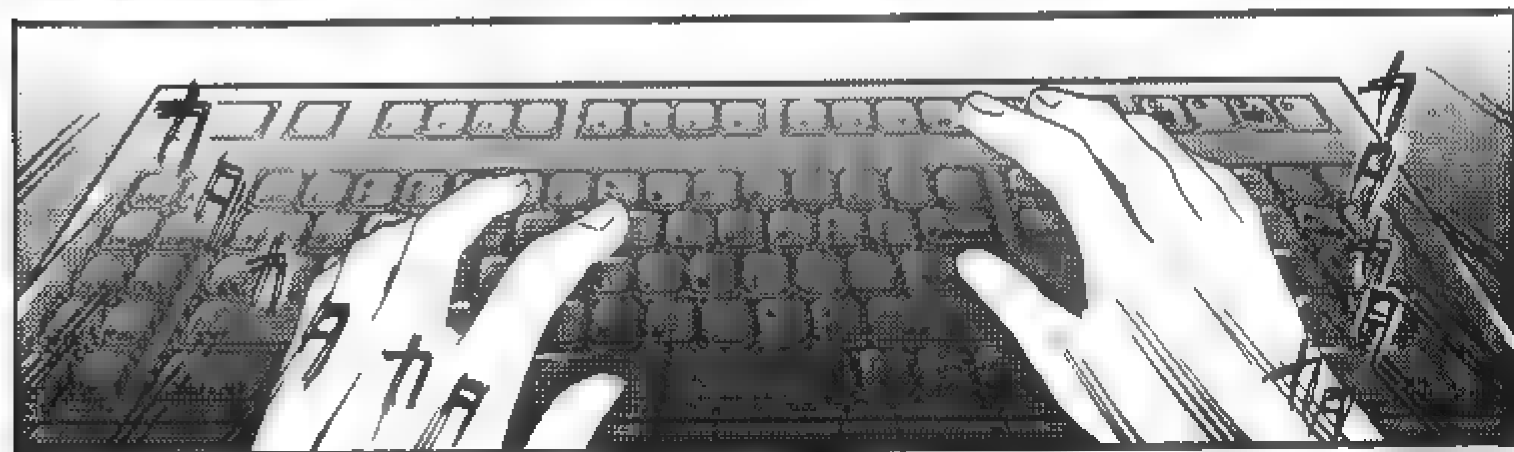
在确定病人的治疗方案之前，使用这个机器使他处于休眠状态。

真的有效吗？

还不太清楚呢。



………
………
一定会战胜疾病的。门后君，快让我睡吧。
是……是的！！





老师……，您都这样了，为什么还给我们补课……



是这样的，我是在为我自己……



？

开发这种新的治疗方法，恐怕要靠你们年轻一代……

我不想有一个人排队，所以，这也是为了我自己。

博士，请别这样说。

老师太物了！

什么不治之症呀，还没到那种程度吧……

让我们……轻轻松松地补课……，还不是为了我们吗！

…………

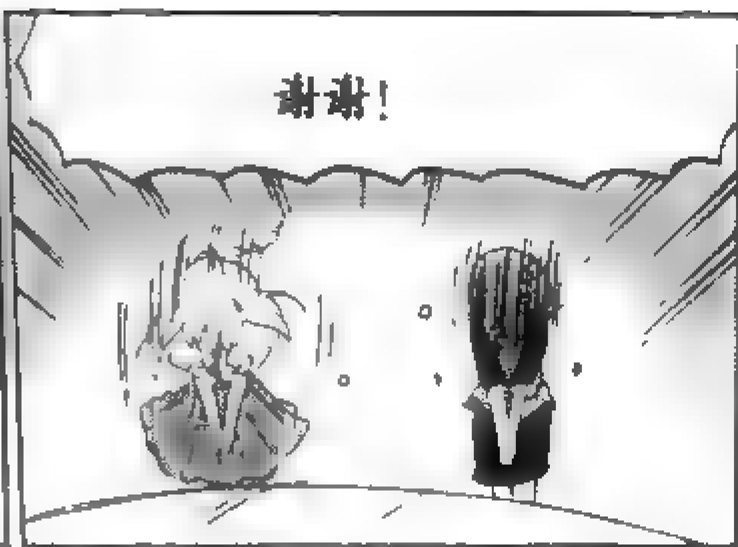
我——

我要变成RNA！
我要救老师！

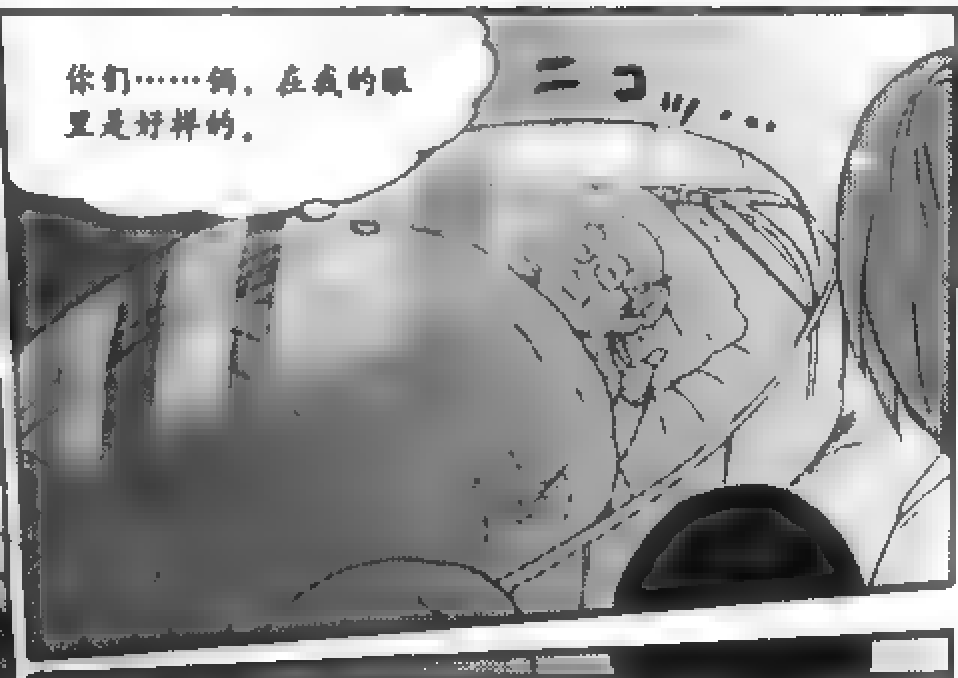





博士，准备好了。
嗯，大家，再见！


谢谢！




你们……俩，在我的眼里是好样的。
ニコッ…


ガシャーン



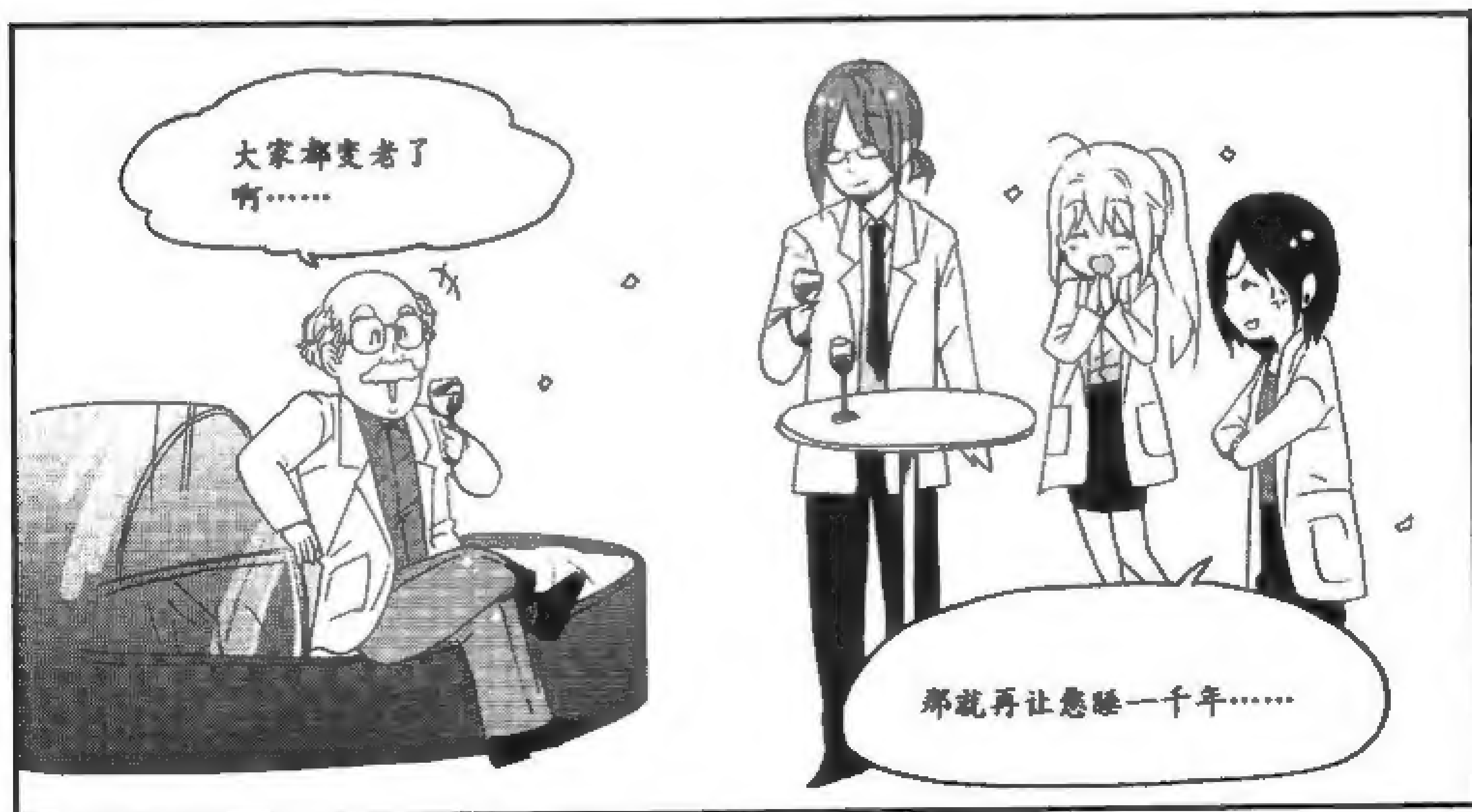

喂，亚美，刚才是真的吗？你说你要教老师……
嗯，虽没有自信，但我想试一试。


是的，我也产生兴趣了。
试一试吧！
嗯！！



参考文献

- ヴォート『生化学・第3版』田宮信雄他訳、(東京化学同人) 2005
- 江島洋介『これだけは知っておきたい　図解　分子生物学』(オーム社) 2005
- エスピーナス『ロバート・フック』横家恭介訳、(国文社) 1999
- 坂本順司『ゲノムから始める生物学』(培風館) 2003
- 武村政春『DNA複製の謎に迫る』(講談社ブルーバックス) 2005
- 武村政春『生命のセントラルドグマ』(講談社ブルーバックス) 2007
- ブラウン『ゲノム2』村松正実監訳、(メディカル・サイエンス・インターナショナル) 2003
- ブラック『微生物学・第2版』林英生他訳、(丸善) 2007
- 柳田充弘『DNA学のすすめ』(講談社ブルーバックス) 1984
- ロディッシュ他『分子細胞生物学・第5版』石浦章一他訳、(東京化学同人) 2005
- ワトソン他『DNA』(上・下) 青木薫訳、(講談社ブルーバックス) 2005


大家都变老了啊……
那就再让您睡一千年……

（Q-2460.0102）
责任编辑：唐 璐 赵丽艳
责任制作：董立颖 魏 谨
封面制作：许思麒

用漫画这种形式讲数学、物理和统计学，十分有利于在广大青少年中普及科学知识。

周恩来、邓颖超秘书，周恩来邓颖超纪念馆顾问
中日友好协会理事，《数理天地》顾问，全国政协原副秘书长

用漫画和说故事的形式讲数学，使面貌冷峻的数学变得亲切、生动、有趣，使学习数学变得容易，这对于提高全民的数学水平无疑是功德无量的事。

《数理天地》杂志社 社长 总编
"希望杯"全国数学邀请赛组委会 命题委员会主任
周国镇

用漫画的形式，讲解日常生活中的数学、物理知识，更能让大家感受到数学殿堂的奥妙与乐趣。

《光明日报》原副总编辑
中华炎黄文化研究会 常务副会长

科学漫画是帮助学习文科的人们用形象思维的方式掌握自然科学的金钥匙。

中国人民大学外语学院日语专业 主任
大学日语教学研究会 会长
成同社

生命科学是当今世界上最受瞩目的基础自然科学之一。这本书以图文并茂的漫画形式描绘了生命科学的奥妙，希望我的孩子和学生们也能够因此更加了解、更加热爱这一伟大的自然科学。

大连理工大学 生命科学与技术学院 博士 教授

我非常希望能够在书店里看到这样的书：有人物形象、有卡通图、有故事情节，当然最重要的还有深厚的理工科底蕴。我想这样的书一定可以大大提升孩子们的学习兴趣，降低他们对于高深的理工科知识的恐惧感。

北京启明星培训学校 校长

书中的数学知识浅显实用，漫画故事的形式使知识贴近生活，概念更容易理解。

北京大学 数学科学学院 博士
张磊

上架建议：科普/漫画



ISBN 978-7-03-027138-9

定价：32.00元

科学出版社 东方科龙
http://www.okbook.com.cn
zhaoliyan@mail.sciencep.com